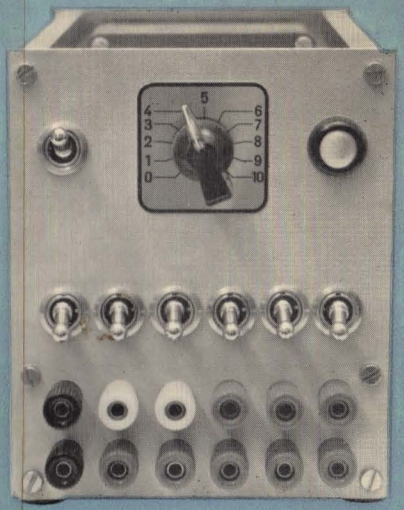


BAUBUCH

TOPP - Reihe »Elektronik«

39

Lothar Sabrowsky

Elektronische Netzgeräte

TOPP-Reihe »Elektronik« 39

Lothar Sabrowsky

Elektronische Netzgeräte

Bauanleitungen für betriebsfertige Geräte

Verlag Frech Stuttgart-Botnang

Wichtiger Hinweis

Alle Schaltungen und Vorschläge sind ausschließlich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden. Sie sind ohne Rücksicht auf die Patentlage mitgeteilt. Bei gewerblicher Nutzung ist vorher die Genehmigung des möglichen Lizenzinhabers einzuholen.

Eine gewerbliche Nutzung der Schaltungen und Aufbauten des Verfassers ist nur mit seiner ausdrücklichen Genehmigung möglich.

Bei allen Geräten sind die jeweilig gültigen VDE-Bestimmungen zu beachten. Der Verfasser haftet nicht für irgendwelche Schäden, die sich aus einem Nachbau der Geräte ergeben könnten.

© 1969
Verlag und Druckerei M. Frech Stuttgart-Botnang
Druck: Frech Stuttgart-Botnang

Inhalt

Allgemeine Richtlinien zum Nachbau der gezeigten Netzgeräte 7
Zur Gehäusefrage 8
Kühlkörper 12
Universal-Experimentiernetzgerät mit Leistungs-Zenerdioden 14
Netzgerät mit fester Ausgangsspannung von 9 Volt 18
Netzgerät mit fester Ausgangsspannung, Parallelstabilisierung und Längstransistor zur Strombegrenzung 23
Netzgerät mit drei umschaltbaren, getrennt einstellbaren Ausgangsspannungen zwischen 0 und 9 Volt 27
Regelbares, elektronisch stabilisiertes Transistor-Netzgerät für 12 bis 28 Volt 32
Regelbares, elektronisch stabilisiertes Netzgerät für 5 bis 18 Volt 37
Einfaches Niedervolt-Netzgerät mit umschaltbarer Ausgangsspannung 42
Universal-Netzgerät für Röhrenschaltungen 45
Elektronisch stabilisiertes Röhrennetzgerät 50
Regelbares, elektronisch stabilisiertes Netzgerät von 0 bis 250 Volt 57

Für wen eignet sich dieses »Baubuch«?

Es ist anzunehmen, daß dieses ausgesprochene „Baubuch" überwiegend von Praktikern gelesen wird, die bereits länger mit den Grundlagen der Radiotechnik und Elektronik vertraut sind. Ein Anfänger käme wohl kaum auf den Gedanken, sich ein ausgesprochen elektronisches Gerät zu bauen, ohne über die entsprechenden Vorkenntnisse zu verfügen. Wir müssen deshalb die Grundkenntnisse der Elektro- und Radiotechnik voraussetzen, um einen Anknüpfungspunkt zu erhalten, von wo aus die Besprechung von Schaltungen und Eigenschaften der gezeigten Geräte möglich ist.
Das Netzgeräte-Baubuch gibt Aufschluß über die Zusammenhänge von Transistoren und Zenerdioden in Netzgeräten. Allen Lesern, denen dieser relativ leichtverständliche Stoff noch Schwierigkeiten bereitet, gibt der Verfasser den Rat, sich vorerst nicht mit dem Lötkolben zu bewaffnen, sondern zunächst eines der vielen guten Bücher über die Grundlagen der Radiotechnik zu lesen — und zu ergründen.

Allgemeine Richtlinien zum Nachbau der gezeigten Netzgeräte.

Die Wiedergabe sehr ausführlicher Gerätebaupläne erfordert naturgemäß einen erheblichen Papierumfang. Sind hier keine Grenzen gesetzt, so kann, wie es zum Beispiel die Industrie zeigt, ein jedes Gerät so ausführlich beschrieben werden, daß auch der absolute Laie zum Erfolg kommt. Wie dann eine Bauanleitung aussieht, kennen viele; es sind regelrechte Handbücher, in denen jede einzelne Lötstelle genau besprochen wird. — Aber ist das unbedingt nötig?
Der Verfasser vertritt die Ansicht, daß vieles einfacher ginge, wenn ein zum Nachbau vorgeschlagenes Gerät von vornherein zweckentsprechend aufgebaut und verdrahtet wird. Verdrahten kann man nämlich auf zweierlei Weise, einmal, und das ist die übelste Methode, durch unüberlegtes Zusammenlöten der Bauteile, und zwar so, wie es gerade paßt. Das Ergebnis ist ein Knäuel von Widerständen, Kondensatoren und Transistoren, das nicht nur unübersichtlich ist, sondern auch schwer zu reparieren oder umzubauen. Davon Bauanleitungen zu machen, ist so gut wie ausgeschlossen, es sei denn, man verschreibt hundert Seiten, die dann jedoch mit Sicherheit langweilig zu lesen wären und jeden Reiz zum Nachbau im Keim ersticken würden.
Die andere Methode, der übersichtliche Aufbau, wirkt förmlich Wunder. Ein übersichtliches Foto sagt bekanntlich mehr aus, als 100 verworrene Seiten es tun können. Hier entfällt das Beschreiben der Lage eines jeden Bauteiles, Drahtes oder einer Schraube. Daß ein Chassis montiert werden muß, versteht sich von selbst und bedarf keiner Erläuterung, ebenso weiß und sieht man, daß das Netzkabel angeschlossen werden muß oder die Kontrollampen in die Fassungen zu schrauben sind.
Machen wir uns also frei von unnötigem Ballast und „sehen" mit offenen Augen. Nur dadurch ist es möglich, auf rund 60 Seiten das gezeigte Programm unterzubringen.

Als selbstverständlich muß beachtet werden, daß ein jedes Gerät über eine Netzsicherung verfügen soll, die nach eigenem Ermessen vorn oder hinten angebracht wird. Wegen der banalen Leitungsführung sind sie auf den Fotos nicht ersichtlich, ebenso die Anschlüsse von Netzkabel und Kontrollampe.
Die fertigen Geräte müssen, um ein Berühren von spannungsführenden Leitungen zu verhindern (VDE), mit einer Bodenplatte und einer Haube versehen werden.

Zur Gehäusefrage

Jeder Praktiker, der zum erstenmal ein vollständiges Gerät aufbaut, wird erfahren, wie schwierig die Beschaffung eines geeigneten Gehäuses für ein bestimmtes Gerät ist. Natürlich bietet die Industrie ein reichhaltiges Programm an, aber dennoch stellt sich fast immer heraus, daß das eine Gehäuse etwas höher sein könnte, das andere zu breit und das dritte schließlich nicht tief genug ist. Die Folge — man wird in den meisten Fällen einen Kompromiß eingehen, um das geplante Gerät überhaupt irgendwo drin zu haben. Für ein Einzelstück ist dies weiter nicht tragisch, was aber geschieht, wenn das gebaute Gerät das erste von vielen ist, die es noch zu fertigen gilt? Zwangsläufig wird man wieder Zugeständnisse machen und letztlich eine bunte Reihe von Geräten mit den unterschiedlichsten Höhen, Breiten und Tiefen haben. Das Aneinanderreihen und Stapeln stößt auf Schwierigkeiten; ganz abgesehen von dem uneinheitlichen Gesicht des Prüfplatzes.

Neben diesen überwiegend ästhetischen Mängeln sind die meisten Fertiggehäuse aus der Sicht des Praktikers zudem auch mit rein mechanischen Nachteilen behaftet. Denken wir bloß an das „Stahlblech"! Nichts gegen Stahl, doch wer sägt schon gerne aus einem kaum zerlegbaren Kasten die Löcher für Meßinstrumente heraus. Solche Arbeiten haben nicht nur zu erhöhten Umsätzen bei den Sägeblattherstellern geführt, sondern auch vielen begeisterten Anfängern allen Mut zu weiteren Taten geraubt. Daß nach getaner Arbeit der anfangs schöne Lack zahlreiche Kratzer für immer behält, sei nur am Rande bemerkt.

Selbstbau-Gehäuse

Um ein Höchstmaß an Einheitlichkeit, universeller Einsetzbarkeit und Preiswürdigkeit zu erzielen, muß man folgende Forderungen stellen:

Einheitliche Höhe und Tiefe
Hierdurch wird ein Stapeln und Aneinanderreihen am besten möglich.

Verschiedene, aufeinander abgestimmte Breiten
Unterschiedliche Breiten gestatten die richtige Wahl für den entsprechenden Schaltungsaufwand.

Völlige Zerlegbarkeit in alle Einzelteile
Dieses Prinzip erlaubt ein einfaches Bearbeiten aller Teile und das Lackieren in mehreren Farben. Außerdem wird nicht gleich das ganze Gehäuse unbrauchbar, wenn man versehentlich ein einzelnes Teil falsch bohrt.

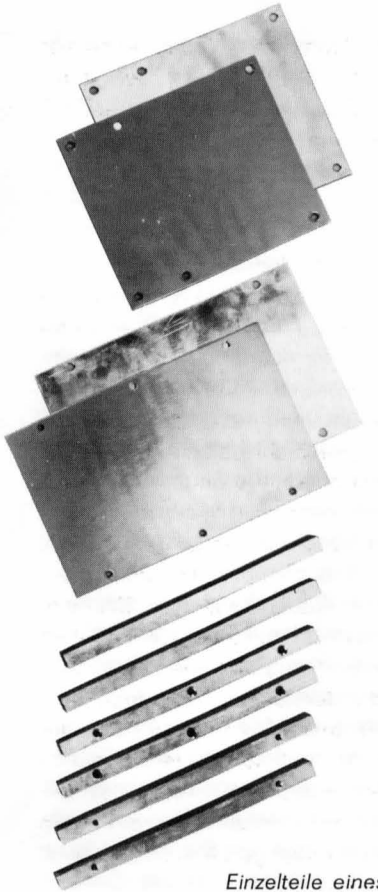
Hohe mechanische Stabilität

Bequeme Materialbeschaffung und niedrige Kosten

Für die Netzgeräte in diesem Buch machen wir ausschließlich von Selbstbaugehäusen Gebrauch, die unter Berücksichtigung der genannten fünf Punkte konstruiert wurden. Sie bestehen aus einzelnen, rechtwinklig zugeschnittenen Aluminium-Blechen, die mit sechs Vierkant-Aluminiumstäben zusammengeschraubt werden. Frontplatte und Rückwand sind von gleicher Größe und deshalb untereinander austauschbar. Die Abbildungen zeigen die erforderlichen Einzelteile.
Das einheitliche Tiefenmaß von 180 mm ist für die allermeisten Geräte, die in einem Amateur-Labor gebraucht werden, durchaus ausreichend. Auch die Frontplattenhöhe von 140 mm bietet reichlich Platz für die Unterbringung von Meßinstrumenten, Skalen, Potentiometern und dergleichen. Bei der Wahl der Breite soll man anstreben, daß sich in der kleinsten gewählten Größe eine Vielzahl von Geräten einbauen läßt. Als günstiges Breitenmaß sind 120 mm zu empfehlen. Man gewinnt so grundsätzlich Raum für Transformatoren und hat auch auf der Frontplatte genügend Spielraum, ohne Platz zu verschenken. Die 120-mm-Breite eignet sich besonders für Kleingeräte mit Netzteil, in denen 1—2 Röhren erforderlich sind. Ebenso können Druckplatten auf oder unter das Chassis geschraubt werden, wodurch ein stabiles, den täglichen Belastungen standhaltendes Gerät entsteht.
Die nächste Größe will genau überlegt sein. Sie soll sich für das Durchschnittsgerät mit 3—4 Röhren bzw. größeren Druckplatten eignen und mit der kleinsten Größe kombinieren lassen. Eine Breite von 180 mm, also das $1^1/_2$fache des Kleingehäuses, erscheint dafür zweckmäßig. Zwei dieser 180-mm-Gehäuse ergeben nebeneinander 360 mm, drei Kleingehäuse mit je 120 mm ebenfalls. So kann man die Gehäuse jederzeit gut übereinanderstellen. Für noch größere Geräte wählen wir Breiten von 240 mm, 360 mm oder 480 mm.

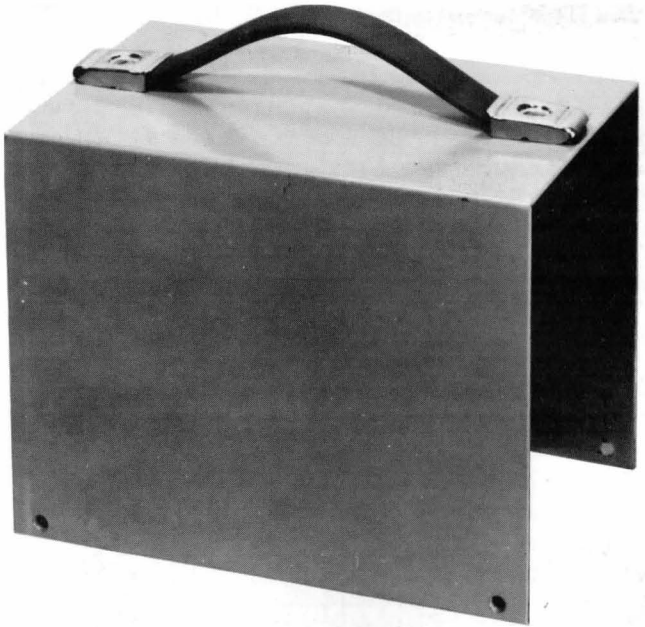
Die Gehäusehaube

Von einem Einzelgerät wird man wohl immer verlangen, daß es vollständig geschlossen und möglichst mit einem Griff versehen ist. Die Gehäusehaube können wir sehr leicht selbst herstellen. Ein rechtwinkliges Stück Blech aus Aluminium oder Eisen wird den Maßen entsprechend abgewinkelt, mit den zur Befestigung nötigen Löchern versehen und schließlich mit 4 Schrauben an die unteren Leisten des Gehäuses geschraubt. In vielen Fällen erweist sich eine Entlüftung des Geräteinneren als unerläßlich, man verwendet dann perforiertes Blech oder Streckmetall.
Eine weitverbreitete Methode, Meß- und Prüfgeräte unterzubringen, besteht darin, daß man alle Geräte neben- und übereinander in einem Regal einordnet. Für diese Art der Gestaltung bieten sich die hier beschriebenen Selbstbaugehäuse förmlich an. Ein Regal kann entfallen, es wird lediglich auf die unterste Geräte-



Einzelteile eines Gehäuses.

Fertiges Gehäuse.



Gehäuse mit Tragegriff, für ein 120-mm-Gehäuse.

reihe eine durchgehende Holz- oder Aluminiumplatte gelegt, auf der dann weiter aufgebaut werden kann. In der untersten Reihe sollten jedoch nur Geräte mit geringer Eigenerwärmung aufgestellt werden.

Oberflächenbearbeitung

Um selbstgebauten Geräten ein industriemäßiges Aussehen zu verleihen, ist ein Spritzen der Frontplatte die sauberste Lösung. Man verwendet am besten Auto-Sprühlack, den es in den verschiedensten Farben gibt. Er ist sehr schnell trocken und haftet gut, vorausgesetzt, man sorgt für einen reinen, etwas rauhen Untergrund. Das Aufrauhen geschieht beispielsweise mit einem handelsüblichen Scheuermittel und einer harten Bürste. Unter Zugabe von sehr wenig Wasser entsteht eine dicke Paste, mit der dann die Platte gleichmäßig gescheuert wird. Nach gründlichem Trocknen des Bleches bringen wir die zum Lack passende Grundierung auf. Ist auch diese gut durchgetrocknet, kann ein ein- bis zweimaliges dünnes Spritzen folgen.
Der Geschmack ist verschieden, und so sieht man nicht selten eine mattglänzende metallische Oberfläche der Frontplatte. Auch diese Veredlung ist leicht selbst durchzuführen. Vom Ätzen wollen wir wegen der Gefährlichkeit Abstand nehmen. Besser ist, die Platten gründlich mit einem Scheuermittel zu bürsten und nach dem Trocknen zu zaponieren.

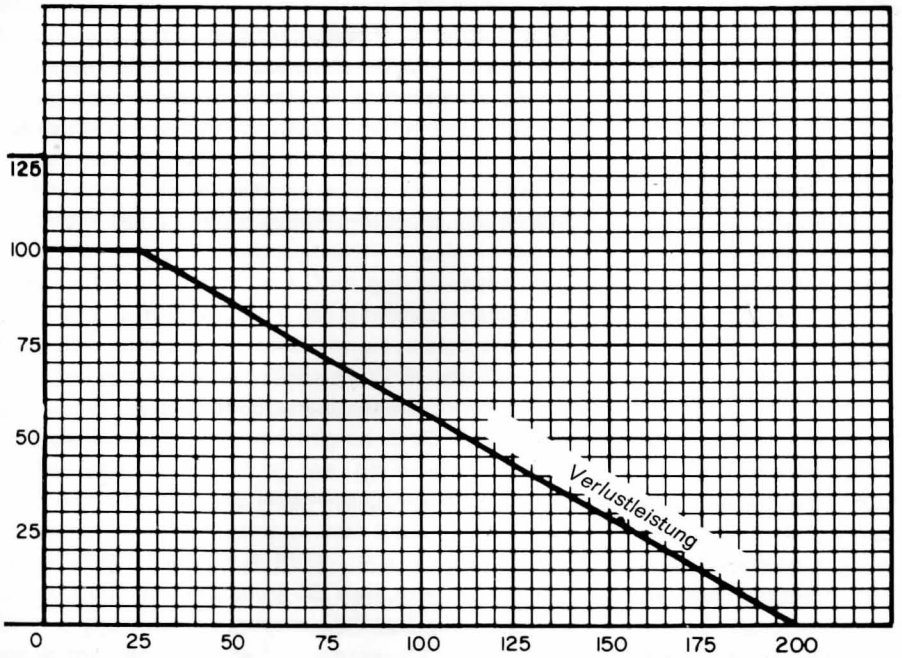
Kühlkörper

Der Kühlkörper hat die Aufgabe, die Gehäusetemperatur der auf ihm aufgebauten Halbleiter unterhalb der höchstzulässigen Temperatur zu halten. Seine Wirkung beruht darauf, daß die ihm zugeführte Wärme in einem bestimmten Maße in die freie Umgebung abgestrahlt wird. Die Abstrahlung ist abhängig von der Größe der Oberfläche und deren Farbe. Schwarze Körper ergeben gegenüber weißen eine bessere Abstrahlung und damit eine bessere Kühlung. Um eine möglichst große Fläche bei kleinen Abmessungen zu erlangen, hat man eine Reihe von Formen geschaffen, und zwar in der Art, daß auf der eigentlichen Trägerplatte eine Anzahl von zusätzlichen Kühlrippen angebracht ist. Für kleine Transistoren mit TO-18- bzw. TO-5-Gehäuse wurden Kühlsterne entwickelt. Sie lassen sich einfach auf das Transistorgehäuse stecken und vergrößern damit die ursprüngliche Gehäusefläche um ein Vielfaches. Für Transistoren mit TO-3- bzw. TO-66-Gehäuse (also Transistoren mit Flansch) gibt es zahlreiche Größen mit den unterschiedlichsten wärmetechnischen Daten.

Die Ermittlung der erforderlichen Größe

Das Kühlvermögen eines Kühlkörpers wird von mehreren Faktoren bestimmt, wie z. B. von der Wärmeleitfähigkeit des Materials, Form und Größe der Kühlrippen, der Anordnung bzw. Montage im Gehäuse.
Von den Herstellerfirmen wird der „thermische Widerstand" für jede Bauform angegeben, den man in °C/W mißt, d. h. wenn einem Kühlkörper mit einem Wärmewiderstand von 1 °C/W eine Leistung von 1 Watt zugeführt wird, erhöht sich seine Temperatur um 1 ° C gegenüber der Umgebungstemperatur.
Die Wahl des richtigen Kühlkörpers ist aber erst möglich, wenn die genauen Daten des verwendeten Transistors vorliegen. An einem Beispiel wollen wir die Ermittlung demonstrieren. Gegeben sind:
Transistor 2N 3055
tatsächliche Verlustleistung = 50 Watt
max. vorkommende Umgebungstemperatur = 45 °C

Der Transistor darf laut Diagramm bei einer Verlustleistung von 50 Watt eine maximale Temperatur von 120 °C haben. Demnach ist ein Kühlkörper erforderlich, dessen Temperatur sich bei den zugeführten 50 Watt nur um 120 °C — 45 ° = 75 °C erhöht. Der thermische Widerstand des Kühlkörpers muß folglich unter 75 : 50 = 1,5 °C/W liegen. Passender Körper: KL — 101/75/sw mit den R_{thK} = 1,2 ° C/W.



Zulässige Verlustleistung in Abhängigkeit von der Gehäusetemperatur.

Schaltung 1

Universal-Experimentiergerät mit Leistungs-Zenerdioden

Technische Daten

Ausgang: erdfrei	
Spannungen:	+ 6,2 V u. — 6,2 V oder
	+ 9,1 V u. — 9,1 V oder
	6,2 V, 9,1 V, 12,4 V, 18,2 V
Strom:	0,6 A bei 6,2 V und 12,4 V
	0,34 A bei 9,1 V und 18,2 V

Anwendungsbereich

Die am häufigsten in der Praxis vorkommenden Transistor-Versorgungsspannungen liegen zwischen 6 V und 18 V. Gelegentlich wird auch eine Doppelspannungsquelle mit zwei gleichen, entgegengesetzt gepolten Spannungen benötigt, wie z. B. bei Brückenschaltungen, integrierten Schaltkreisen, Servo-Verstärkern, NF-Endstufen und vielen Elektronik-Schaltungen. Jeder Ausgang muß unterschiedlich zu belasten sein, ohne daß sich eine der beiden Spannungen wesentlich ändert. Das vorliegende Gerät erfüllt diese Aufgaben und ist wegen seines einfachen Aufbaues vornehmlich für den Anfänger gedacht.

Schaltung

Der Transformator Tr ist sekundärseitig für Doppelweggleichrichtung ausgelegt und liefert zweimal 12 V. Aus dieser Wechselspannung wird mit den beiden linken, übereinanderliegenden Dioden eine negative und mit den beiden rechten Dioden eine positive Spannung gewonnen. Statt vier einzelnen Dioden bzw. zwei Doppelweggleichrichtern nehmen wir einen robusten Brückengleichrichter, in dem bereits alle Verbindungen enthalten sind.

Die Ladespannung an C 1 beträgt bei der hier gewählten Dimensionierung ca. +15 V, die an C 2 ca. —15 V. An diese beiden Kondensatoren schließen sich die Vorwiderstände (R 1 und R 2) der Zenerdioden an. Bei geöffnetem Schalter S 2 sind lediglich die Zenerdioden ZD 1 und ZD 2 eingeschaltet. Sie stabilisieren die Ausgangsspannung auf je 9,1 V, weshalb zwischen den Klemmen + und — eine Spannung von 18,2 V, und zwischen + und 0 bzw. — und 0 Spannungen von 9,1 V zu entnehmen sind. Wird S 2 geschlossen, schalten sich die Zenerdioden ZD 3 und ZD 4 zu ZD 1 und ZD 2 parallel. Ihre Durchbruchspannung beträgt nur 6,2 V. ZD 1 und ZD 2 werden daher stromlos. Am Ausgang haben wir nun zwischen + und — eine Spannung von 12,4 V bzw. gegenüber Null zweimal 6,2 V.

Zur Kontrolle der jeweiligen Klemmspannung ist ein Voltmeter eingebaut, das entweder zwischen dem

Nullpol und einer Ausgangsklemme oder aber, wie es die Schaltung zeigt, an die äußeren Klemmen angeschlossen wird. Bei der letzten Schaltungsart ist ein 10-V-Instrument zu empfehlen, welches man mit einem Vorwiderstand auf 20-V-Vollausschlag bringt. Auf diese Weise können wir gleichzeitig beide Ausgänge überwachen, erhalten jedoch die Anzeige für einen Spannungszweig.

Der maximale Ausgangsstrom hängt von den Vorwiderständen R 1 und R 2 ab. Er errechnet sich leicht nach dem Ohmschen Gesetz und ist:

$$I = \frac{U \text{ (Spannungsabfall an R)}}{R}$$

In der Schaltung verwenden wir Widerstände von 16 Ohm, wodurch sich für den 9-V-Bereich folgender Strom ergibt:

$$I = \frac{15 - 9}{16} = \frac{6}{16} = \text{ca. } 370 \text{ mA},$$

desgleichen bei 6 V:

$$I = \frac{15 - 6}{16} = \frac{9}{16} = \text{ca. } 600 \text{ mA}.$$

Ohne Belastung der Ausgänge wird der gesamte Strom von den Zenerdioden aufgenommen. Sie verbrauchen eine Leistung von etwa 3,6 W und müssen unbedingt gut gekühlt werden.

Besondere Aufmerksamkeit ist den Kondensatoren C 3 und C 4 zu widmen. Ihre Aufgabe ist es, den Ausgang kapazitiv kurzzuschließen. Sie sind nicht zur weiteren Siebung bestimmt. Die maximale Kapazität darf höchstens 500 µF betragen, größere Werte führen zur unmittelbaren Zerstörung der 6-V-Zenerdioden, wenn wir von 9 V auf 6 V umschalten.

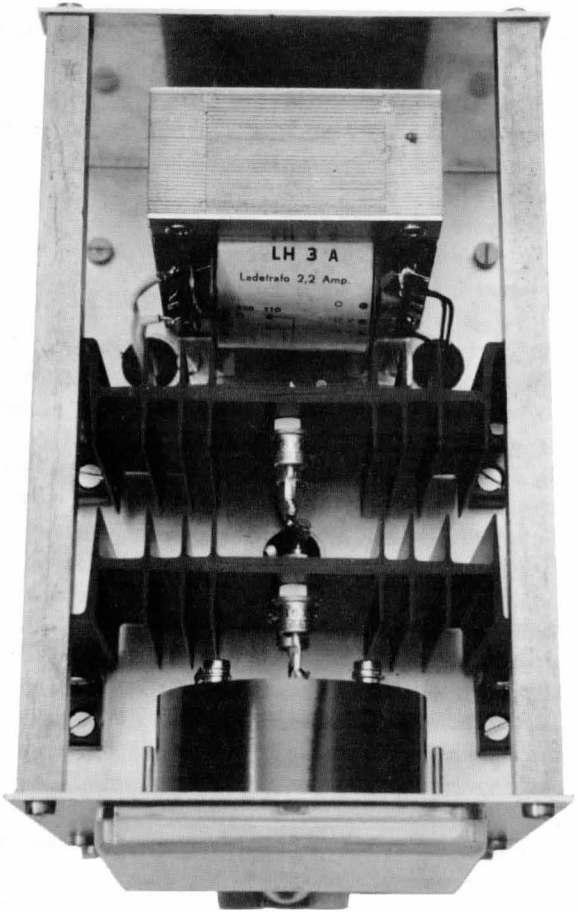
Besonderes beim Aufbau

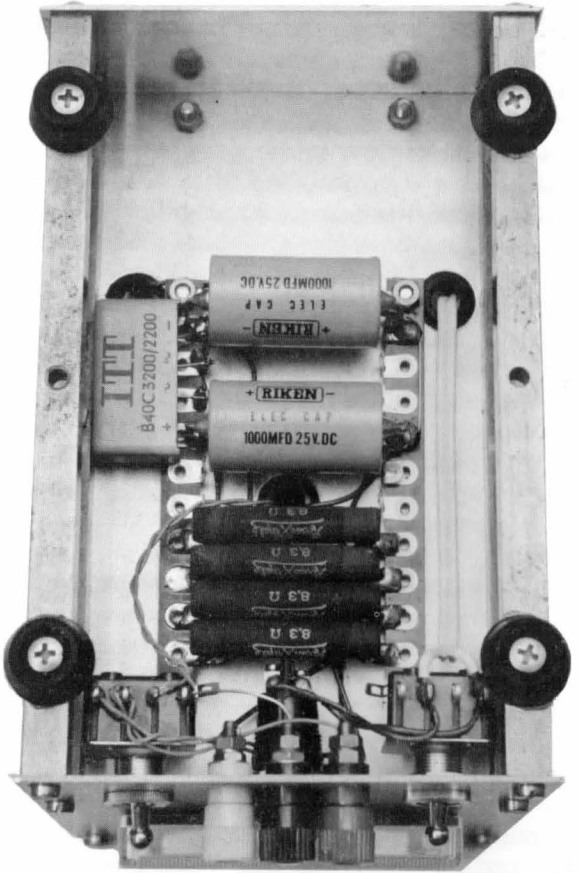
1) Der Netztransformator LH 3 hat die Anschlüsse 0-12-14-16-18-24 V. Wir beschalten die 0- und 24-V-Anschlüsse und benutzen den 12-V-Abgriff als Mittelanzapfung.

2) Die Widerstände R 1 und R 2 sollen je 15—17 Ohm besitzen. Zur besseren Kühlung werden je zwei Widerstände von 7,5—8,5 Ohm hintereinandergeschaltet.

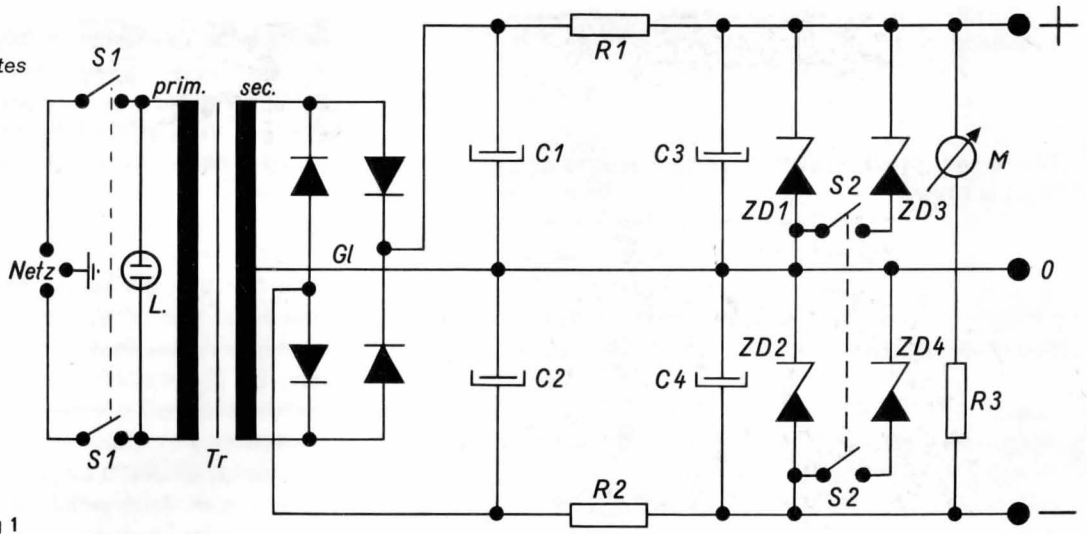
3) Die beiden Kühlkörper sind isoliert auf das Chassis zu schrauben. Ein Kühlkörper trägt die Zenerdioden ZD 1 und ZD 3, der andere die ZD 2 und ZD 4. Das Gehäuse aller 4 Zenerdioden ist der Pluspol. Der Abgriff des Pluspoles muß am Gewindestutzen erfolgen (beide Dioden am Gewindestutzen untereinander verbinden) und nicht irgendwo am Kühlkörper. Zur besseren Wärmeübertragung wird der Boden der Zenerdioden mit Wärmeleitpaste (Fa. Seifert) bestrichen.

Wegen des einfachen Aufbaues kann ein Verdrahtungsplan entfallen.


LH 3 A
Ladetrafo 2,2 Amp.


ITT
B40C 3200/2200
RIKEN
ELEC CAP
1000MFD 25V.DC
8.3 Ω
8.3 Ω
8.3 Ω
8.3 Ω

Schaltung des Experimentiernetzgerätes mit Zenerdioden.



Aufbau- und Verdrahtungsfoto.

Stückliste zu Schaltung 1

1 Gehäuse, 120 mm breit
2 Kühlkörper KL 100/75/sw (Seifert)
4 isolierte Fußwinkel KM 300 (Seifert)
2 Lötleisten, 10polig (Werco)
4 Gummifüße (Werco)
3 isolierte Buchsen (Werco)
1 Netzkabel, 3polig, mit Schukostecker
3 Gummidurchführungen
Meßinstrument
M Drehspul-Voltmeter 10 V (Modell 86, Werco)
Gleichrichter
Gl Brückengleichrichter B 40 C 3200/2200 (ITT)
Zenerdioden
ZD 1/ZD 2 Zenerdioden ZX 9,1 (ITT Intermetall)
ZD 3/ZD 4 Zenerdioden ZX 6,2 (ITT Intermetall)
Schalter S 1/S 2 Kippschalter, 2polig (Werco)
Lampe L. Einbau-Kontrollampe m. Glimmlampe 220 V (Werco)
Kondensatoren
C 1/C 2 Rollelkos 1000 µF/25 V (Werco)
C 3/C 4 Rollelkos 100 µF/12 V (Werco)
Widerstände
R 1/R 2 Drahtwiderstände 4 x 8,3 Ohm/10 W (Werco)
R 3 Trimmregler ≈ 25 KΩ
Transformator Tr Netztransformator LH 3 A (Werco)

Netzgerät mit fester Ausgangsspannung von 9 Volt

Technische Daten

Ausgang: erdfrei
Ausgangsspannung: 9 V=
Ausgangsstrom: maximal 2 A
Brummspannung bei 1 A Last: 100 mV
Toleranz der Ausgangsspannung zwischen Leerlauf und Vollast: 0,5 V

Anwendungsbereich

Ein großer Teil der heute käuflichen Transistor-Bausteine ist für 9-V-Betrieb vorgesehen. Es liegt daher nahe, daß auch der Praktiker seine Selbstbaugeräte auf diese Spannung abstimmt, um sie unter Umständen mit Fertiggeräten kombinieren zu können.
Dieses Netzgerät eignet sich zum Anschließen der verschiedensten Bausteine. Darüber hinaus läßt es sich, da es einen relativ hohen Strom liefert (2 A), zum Speisen von Motoren und Lampen einsetzen. Bei gleicher Schaltung sind auch andere Ausgangsspannungen möglich, wie z. B. 4,5 V, 6 V oder 7,5 V. Dazu ist lediglich eine entsprechende Zenerdiode nötig.

Schaltung

Von dem Netztransformator erhalten wir eine Ausgangsspannung von 10 V, die in dem Brückengleichrichter gleichgerichtet wird. Im Leerlauf steigt die Ladespannung an C 1 auf maximal 14 V an. Wir können also noch die kleinen preiswerten Elkos mit einer Betriebsspannung von 15 V/18 V verwenden. Der Ladekondensator ist mit 5000 µF sehr reichlich bemessen, nicht ohne Vorteil. Aufgrund der hohen Kapazität bleibt die Ladespannung zwischen Leerlauf und Vollast bis auf 1,5 V stabil, d. h. das Netzgerät ist „hart"! Aus der Gleichspannung an C 1 wird mit Hilfe der Zenerdiode eine Referenzspannung gewonnen, die zur Regelung der Transistorkaskade (T 1 und T 2) erforderlich ist. Die Differenz zwischen minimaler Ladespannung und der Durchbruchspannung der Zenerdiode (ZX 9,1) ist nicht groß, sie beträgt nur rund 3,5 V. Die stabilisierende Wirkung der ZD wird daher nicht voll erreicht, insbesondere dann nicht, wenn ein hoher Brummanteil auf der Ladespannung liegt. Um dennoch zu einem befriedigenden Ergebnis zu gelangen, sind die Vor-

widerstände R 1 und R 2 niederohmig dimensioniert, was einen hohen Strom in ZD zur Folge hat. C 2 hat dabei die Aufgabe, den Netzbrumm weitgehend zu unterdrücken. Die so gewonnene Vergleichsspannung liegt an der Basis von T 2. Beide Transistoren sind als Stromverstärker geschaltet und wirken wie ein einziger Transistor mit der Stromverstärkung von einigen tausend ($B = B_{T1} \times B_{T2}$). Sie liegen in Reihe zum Verbraucher und regeln selbsttätig die Ausgangsspannung.

Da ein Transistor leitend wird, wenn die Basisspannung gegenüber der Emitterspannung um den Wert der Schwellspannung (bei pnp-Germaniumtransistoren ca. 0,1 V) höher liegt, erscheint am Ausgang eine Spannung von der Größe U_D — 0,1 V. Nehmen wir als ZD den Typ ZX 9,1, so ergeben sich am Ausgang 9 V.

Bei offenem Ausgang steigt der Innenwiderstand der Längstransistoren theoretisch auf einen unendlich hohen Widerstand an. Die Restströme der Transistoren bewirken jedoch ein Ansteigen der Ausgangsspannung über die Größe der Vergleichsspannung hinaus, sie müssen deshalb unbedingt abgeleitet werden, was in diesem Fall durch eine Vorbelastung des Ausgangs mit der Lampe La geschieht.

Die Ausgangsspannung wird vom Voltmeter angezeigt und an zwei Buchsenpaaren herausgeführt. Jedes Buchsenpaar ist mit einem Kondensator von 0,68 µF gegen HF-Spannungen abgeblockt.

Hinweise zum Aufbau

1) Der Transformator LH 3 A ist an den Anzapfungen 14 V und 24 V anzuschließen, damit sich die benötigte Wechselspannung von 10 V ergibt.

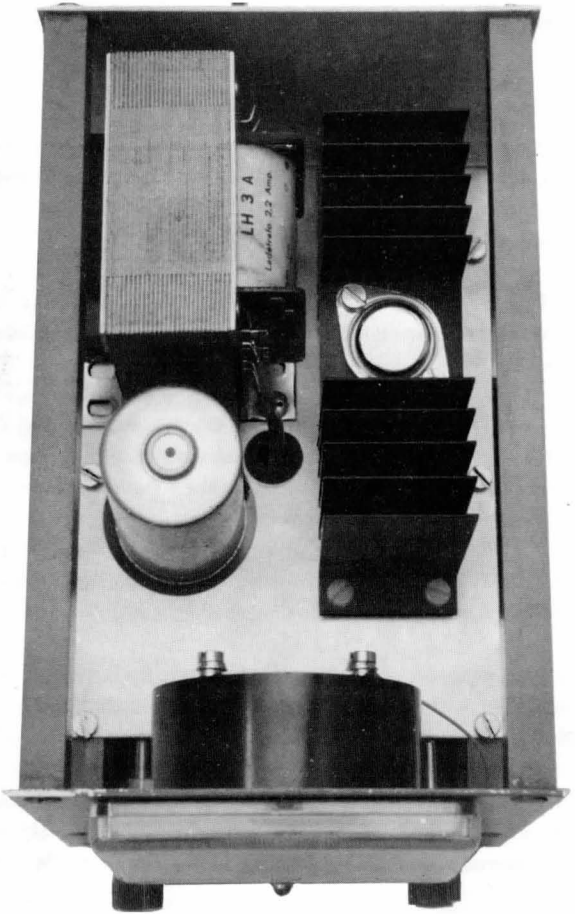
2) C 1 ist mit einer Isolierscheibe vom Chassis zu isolieren. Als Masseanschluß dient die Minus-Lötfahne am Sockel.

3) Der Transistor T 1 sollte vor der Montage auf den Kühlkörper mit Wärmeleitpaste bestrichen werden. Er wird ohne Isolierung aufgeschraubt.

4) Zur Isolierung des Kühlkörpers vom Chassis können M-4-Kunststoffschrauben oder die Seifert-Isolatoren KM 301 verwendet werden.

5) Es empfiehlt sich, eine Sicherung (lt. Schaltung) an der Rückwand des Gerätes einzubauen. (Bei dem Mustergerät nicht enthalten.)

6) Als Längstransistor (T 1) ist jeder pnp-Germaniumtyp verwendbar, sofern er einem Kollektorstrom von 4 A gewachsen ist.



Stückliste zu Schaltung 2

1 Gehäuse, 120 mm breit
1 Kühlkörper KL 101/37,5/sw (Seifert)
4 Isolatoren KM 301
4 isolierte Buchsen, 4 mm (Werco)
4 Gummifüße (Werco)
1 Netzkabel, 3polig, mit Schukostecker

Meßinstrument
M Drehspul-Voltmeter 10 V (Modell 86, Werco)

Gleichrichter
Gl Brückengleichrichter B 40 C 3200/2200 (ITT Intermetall)

Sicherung
Si. Sicherungsschalter mit Sicherung 2 A, flink

Schalter
S Kippschalter, 2polig

Lampe
La Einbau-Kontrollampe mit Birne 18 V/0,1 A

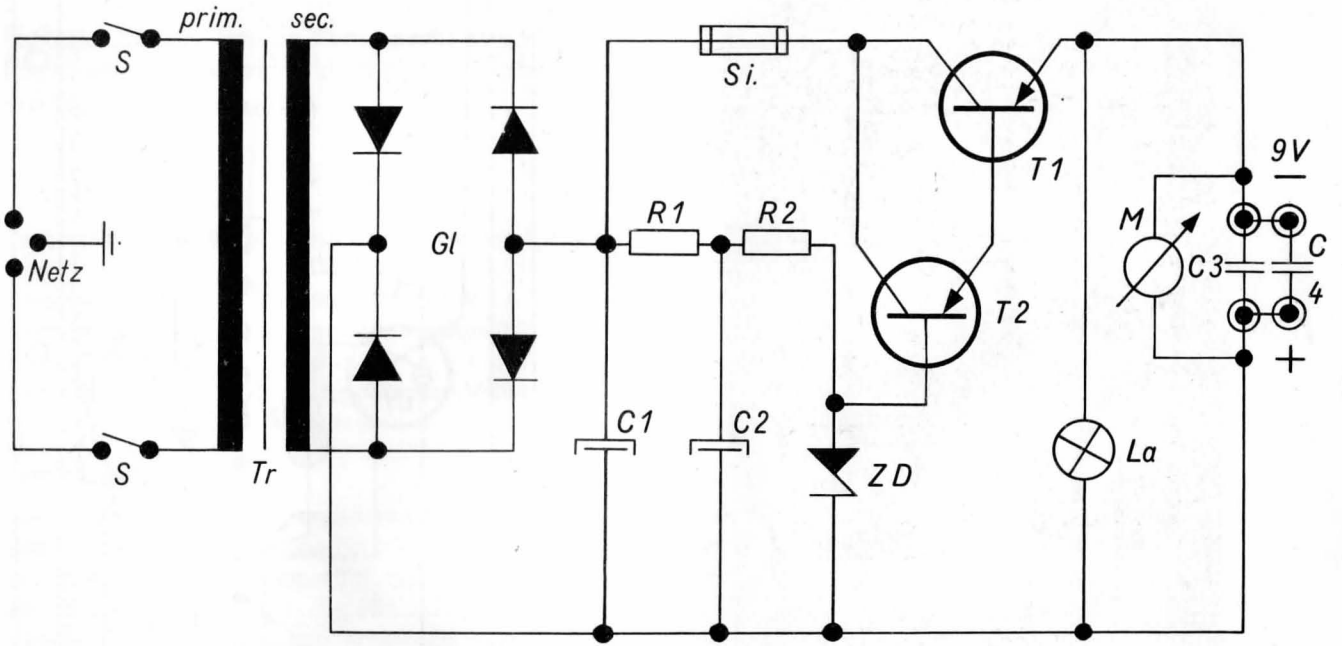
Widerstände
R 1 30 Ohm/1 W
R 2 10 Ohm/0,5 W

Transistoren
T 1 z. B. 2 N 301 (RCA)
T 2 z. B. OC 308/2 (ITT Intermetall)

Zenerdiode ZD ZX 9,1 (ITT Intermetall)

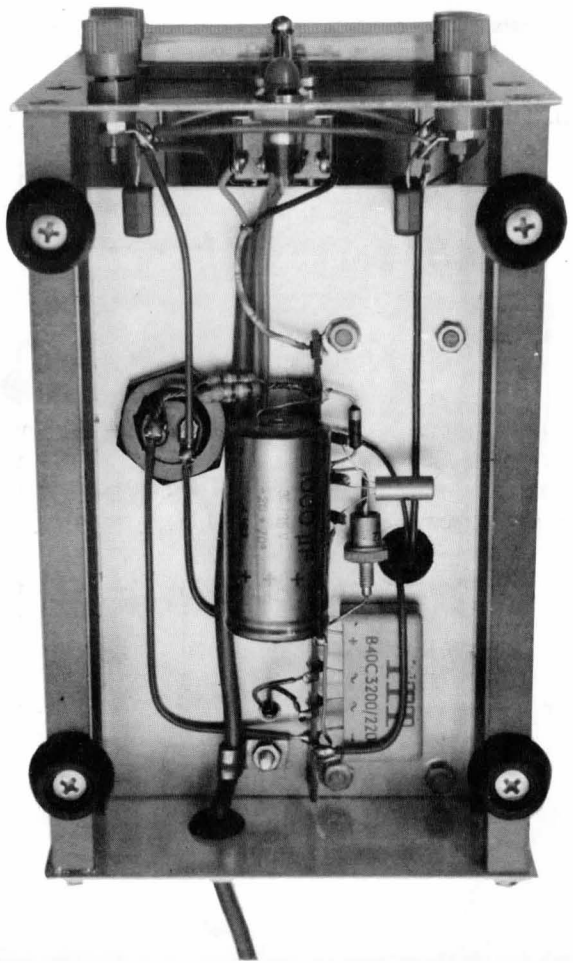
Kondensatoren
C 1 Elko mit Zentralbefestigung 5000 µF/15/18 V (Werco)
C 2 Rollelko 1000 µF 15/18 V (Werco)
C 3/C 4 0,68 µF MKS (Wima)

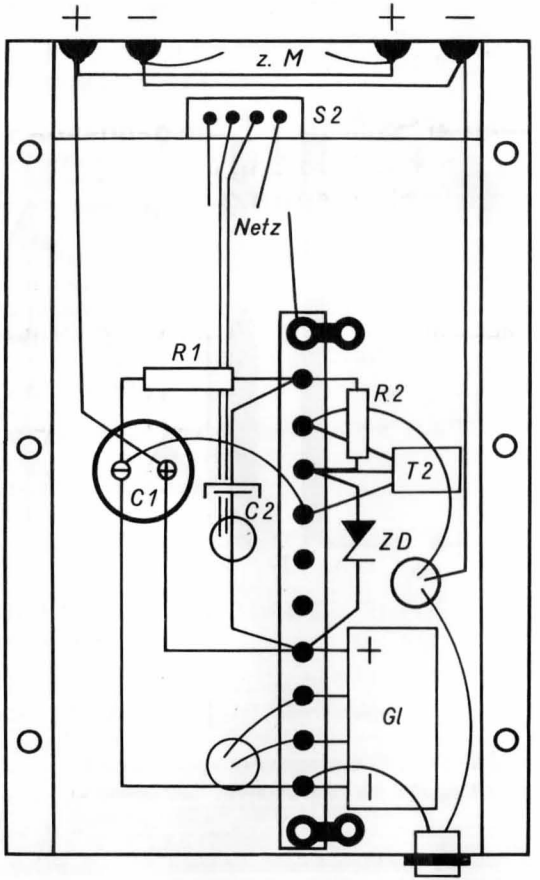
Transformator Tr Netztransformator LH 3 A (Werco)



Schaltung des 9-V-Netzgerätes. (Schaltung 2).

< *Aufbaufoto des 9-V-Netzgerätes.*





Verdrahtung des 9-V-Netzgerätes (Schaltung 2).

Schaltung 3

Netzgerät mit fester Ausgangsspannung, Parallelstabilisierung und Längstransistor zur Strombegrenzung

Technische Daten

Ausgangsspannung:	Nach Wahl zwischen 5 V und 50 V
Ausgangsstrom:	nach Wahl bis zu 2 A
Strombegrenzung:	regelbar zwischen 0,01 A und 2 A
Stabilisierung:	0,5% zwischen Vollast und Leerlauf

Anwendungsbereich

Der Wert eines robusten und kurzschlußfesten Netzgerätes zeigt sich spätestens bei Halbleiterexperimenten. Jeder Praktiker kennt wohl die berühmten versehentlichen Kurzschlüsse, die allzuschnell bei provisorischen Versuchsaufbauten entstehen können und nicht selten zur Zerstörung von Transistoren und Dioden führen. In vielen Fällen ist neben einer völligen Kurzschlußsicherheit des Netzgerätes eine kontinuierliche Strombegrenzung erwünscht. Mit ihr läßt sich der Ausgangsstrom auf einen vorbestimmten Wert, nämlich den Maximalstrom des gerade verwendeten Transistors, einstellen. Selbstverständlich ist dieses Netzgerät auch als Ladegerät zu gebrauchen, wobei der gewählte Ladestrom für die Dauer der Ladezeit konstant bleibt.

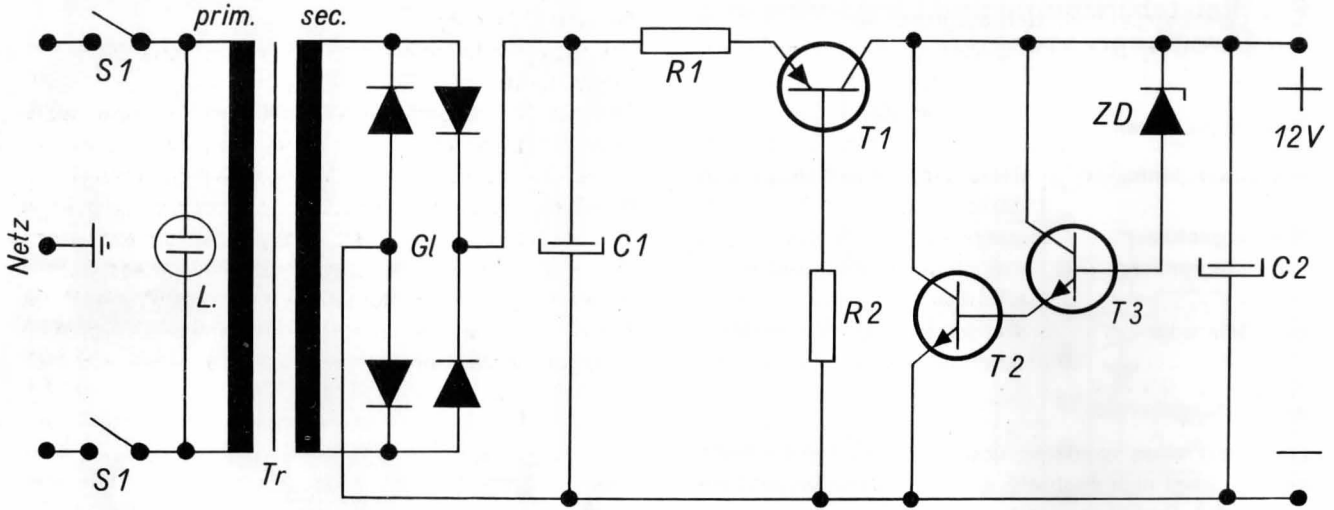
Die in dieser Schaltung angegebene Ausgangsspannung von 12 V ist nicht bindend, sie wird allein von der Zenerdiode bestimmt und kann nach Belieben geändert werden.

Schaltung

Die sekundäre Transformator-Wechselspannung soll in den unteren Bereichen (bis 20 V) mindestens so hoch wie die gewünschte Ausgangsspannung sein. Sie wird in einem Brückengleichrichter gleichgerichtet und von dem Ladekondensator C 1 geglättet. Der Transistor T 1 ist zusammen mit R 1 in Reihe zum Verbraucher geschaltet. T 1 dient als regelbarer Längswiderstand, sein Innenwiderstand wird selbsttätig von der Größe des durch ihn fließenden Stromes gesteuert. Damit T 1 überhaupt leitend wird, ist ein Basisstrom erforderlich. Er kommt durch R 2 zustande und ist so zu wählen, daß der maximal geforderte Ausgangsstrom von beispielsweise 2 A erreicht wird. Der Basisstrom I_B ist folglich:

$$\frac{\text{Ausgangsstrom}}{\text{Stromverstärkung}} \text{ also } \frac{2000 \text{ mA}}{\text{z. B. } 20} = 100 \text{ mA}$$

(R 1 ist hierbei auf minimalen Widerstand gedreht.)



24 *Schaltung des Netzgerätes mit Parallelstabilisierung.*

Wenn man unter diesen Betriebsbedingungen den Ausgang kurzschließt, beträgt der maximale Ausgangsstrom nur 2 Ampere. Eine weitere Regelung in Richtung kleinerer Ströme gestattet nun das Potentiometer R 1. Der Spannungsabfall, der aufgrund des Stromes an diesem Widerstand auftritt, verringert das Basis/Emitter-Potential, wodurch der Transistor T 1 hochohmiger wird und den entnehmbaren Strom weiter begrenzt.

Am Kollektor von T 1 liegen die beiden Transistoren T 2 und T 3, die zur Stabilisierung der Ausgangsspannung dienen. Die Wirkungsweise der Schaltung ist folgende: Solange die Ausgangsspannung kleiner ist als die Durchbruchspannung der Zenerdiode, erhält T 3 keinen Basisstrom. Beide Transistoren sind daher gesperrt und belasten den Ausgang nicht. Wird aber die Ausgangsspannung überschritten, beginnt ZD zu leiten. T 3 bekommt einen Basisstrom, der um den Faktor der Stromverstärkung (T 3) verstärkt auf den Transistor T 2 gelangt. Da jetzt auch T 2 stark leitet, bricht die Spannung wieder soweit zusammen, bis ZD an der Schwelle des Durchbruchs steht. Die ganze Anordnung wirkt im Prinzip wie eine einzige Zenerdiode mit großer Leistung.

Die Spannungsdifferenz zwischen Ausgang und Ladespannung muß an dem Längstransistor abfallen. Bei hohem Strom und hohem Spannungsabfall kann die Verlustleistung recht beträchtlich sein. Das gilt auch für T 2. Beide Transistoren müssen daher gut gekühlt werden. Da die beiden Kollektoren auf gleichem Potential liegen, genügt ein gemeinsamer Kühlkörper, der vom Chassis zu isolieren ist.

Kühlkörper für alle Beispiele Typ KM 101/75/sw (Fa. Seifert, Schwelm).

Gleichrichter für alle Beispiele B 40 C 3200/2200 (ITT Intermetall).

Die für R 1 angegebenen Potentiometer sind leider nicht billig und auch nicht überall erhältlich. Der Verfasser rät deshalb, für R 1 einen Festwiderstand von 0,1 Ohm/1 W zu nehmen. Die Strombegrenzung kann auch durch Regeln von R 2 erfolgen. Wir schalten dann zu dem in der Tabelle aufgeführten Widerstand R 2 ein normales Drahtpotentiometer von 5 kOhm/2—4 W mit R 2 in Reihe. Mit dieser Schaltung kann der Strom von wenigen Milliampere bis zu einigen Ampere geregelt werden.

Die nachfolgende Tabelle gibt Aufschluß über die elektrischen Daten der Bauteile für verschiedene Ausgangsspannungen und Ströme.

Ua	I	Trafo sec.	C 1	C 2	R 1 (Poti)	R 2	T 1	T 2	T 3	ZD
6 V	2 A	8—10 V	5000 µF 12/15 V	1000 µF 12/15 V	25 Ohm 10 W	100 Ohm 2 W	2N301 (RCA)	2N3055 (RCA)	2N1613 (RCA)	ZD 5,6 (ITT)
9 V	2 A	10 V	5000 µF 15/18 V	1000 µF 15/18 V	25 Ohm 10 W	100 Ohm 2 W	2N301 (RCA)	2N3055 (RCA)	2N1613 (RCA)	ZD 8,2 (ITT)
12 V	2 A	12 V	5000 µF 25/30 V	1000 µF 15/18 V	25 Ohm 10 W	200 Ohm 2 W	2N301 (RCA)	2N3055 (RCA)	2N1613 (RCA)	ZD 12 (ITT)
18 V	1 A	15 V	2000 µF 25/30 V	500 µF 20/30 V	50 Ohm 10 W	250 Ohm 2 W	2N301 (RCA)	2N3055 (RCA)	2N1613 (RCA)	ZD 18 (ITT)
24 V	1 A	20 V	1000 µF 35/40 V	500 µF 35/40 V	50 Ohm 20 W	330 Ohm 5 W	2N301 (RCA)	2N3055 (RCA)	2N1613 (RCA)	ZD 24 (ITT)
36 V	1 A	30 V	1000 µF 70/80 V	100 µF 70/80 V	100 Ohm 20 W	500 Ohm 6 W	2N301 (RCA)	2N3055 (RCA)	2N1613 (RCA)	ZD 36 (ITT)

Schaltung 4

Netzgerät mit drei umschaltbaren, getrennt einstellbare Ausgangsspannungen zwischen 0 und 9 V

Technische Daten

Ausgangsspannung: 1—9 V fest einstellbar
Ausgangsstrom: 1 A
Brummspannung: bei Vollast 100 mV
Spannungsdifferenz zwischen Leerlauf und 1 A Last: 0,5 V

Anwendungsbereich

Dieses Netzgerät liefert durch Umschalten drei verschiedene Ausgangsspannungen, von denen jeweils eine zu entnehmen ist. Die Höhe der Spannungen kann für jeden Bereich getrennt eingestellt werden und zwischen 0 und 9 V liegen. Wählt man die Bereiche 4,5 V, 6 V und 9 V, so ist eine Ersatzstromquelle für die gängigsten Batterien geschaffen. Der Innenwiderstand des Netzgerätes ist nicht besonders niederohmig, sondern wurde bewußt dem der Trockenbatterien angepaßt. Dadurch lassen sich auf dem Labortisch für viele batteriegespeiste Geräte (speziell Fernsteuerungen) ähnliche Verhältnisse simulieren, wie sie tatsächlich in der Praxis vorkommen. Es gibt eine Menge Schaltungen, die auf dem Labortisch hervorragend arbeiten, weil sie mit einem extrem harten Netzgerät gespeist werden, wie z. B. Zeitschalter, Oszillatoren, Brückenschaltungen und dgl., mit einer Batterie betrieben, jedoch oft gänzlich versagen oder zumindest recht unstabil arbeiten. So betrachtet, hat ein „weiches" Netzgerät seine Vorteile: es erzieht dazu, alle Schaltungen von vornherein gegen leichte Spannungsschwankungen unempfindlich zu machen.

Schaltung

Für die maximale Ausgangsspannung von 9 V wird die Transformatorspannung 10 V gewählt. Nach dem Gleichrichten in der Silizium-Brücke ergibt sich an C 1 eine Ladespannung von 13—14 V, je nach Last.
Das Regelprinzip dieses Gerätes ist aus Schaltung 1 bereits bekannt, wir beschränken uns deshalb auf die Besonderheiten. Die Zenerdiode erzeugt eine 9,1-V-Vergleichsspannung. Als Vorwiderstand wird kein Festwiderstand, sondern eine Fahrradbirne 6,3 V/3 W benutzt. Ihr nichtlinearer Fadenwiderstand bewirkt einen stabileren Durchbruchstrom der Zenerdiode als ein Festwiderstand.
Die Vergleichsspannung wird auf ein Segment des Umschalters S 2 gegeben, der nun eines der drei Potentiometer einschaltet. Jedes Potentiometer arbeitet als niederohmiger Spannungsteiler, dessen Ausgangs-

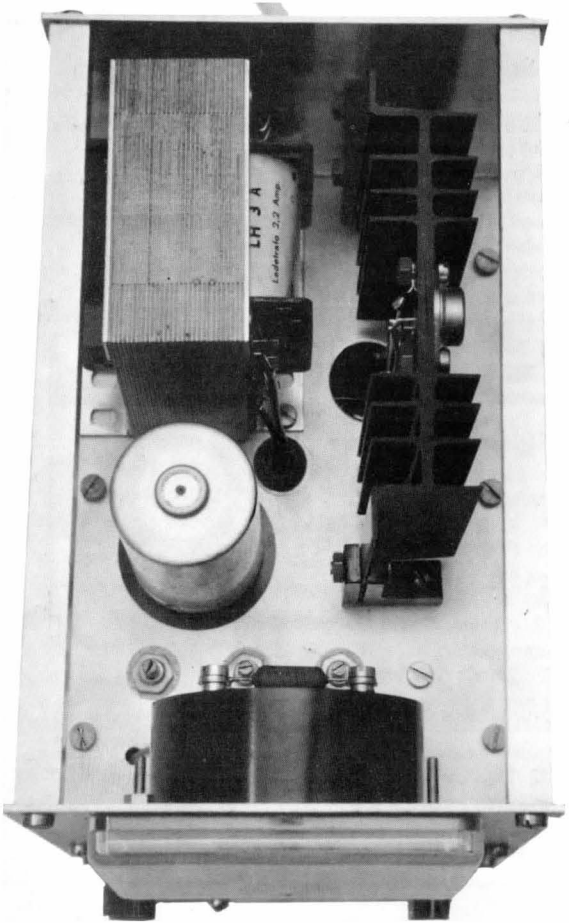
spannung von 0—9 V regelbar ist und der Transistorkaskade zugeführt wird.
Der eingangs erwähnte höhere Innenwiderstand des Netzgerätes hat seinen Grund in der Teilung der Vergleichsspannung. Der von T 2 benötigte Basisstrom muß nämlich durch einen Teil des gerade eingeschalteten Potentiometers fließen und erhöht demzufolge den Spannungsabfall an diesem Widerstandsstück. Die im unbelasteten Zustand eingestellte Teilspannung ist etwas höher als die unter Vollast. Damit ändert sich gleichermaßen die Ausgangsspannung.
In dem Mustergerät wurden für T 1 und T 2 die Typen BDY 15 C verwendet. Sie sind der angegebenen Leistung zwar gewachsen, dürfen aber keinesfalls durch Kurzschluß überlastet werden. Den einzigen Schutz für die Transistoren bietet die Sicherung (im Foto nicht enthalten) in der Kollektorleitung. Sie soll flink auslösen und für 0,8 A ausgelegt sein.
Die Lampe La 2 dient gleichzeitig zur Reststromunterdrückung der Transistoren und zur Betriebsanzeige.

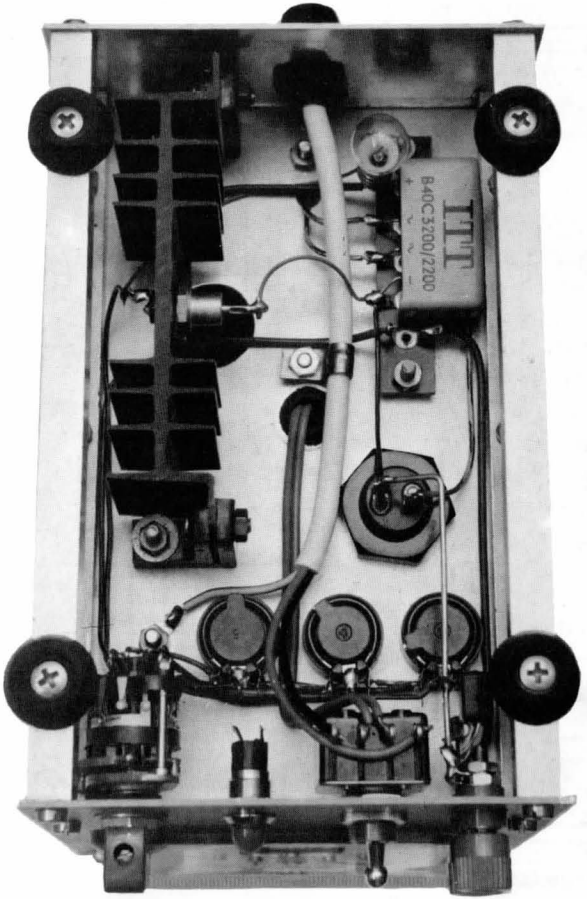
Abwandlung für geringeren Innenwiderstand

Eine höhere Stabilisierwirkung setzt den Fortfall der Potentiometer R 1—R 3 voraus. Es werden dafür einzelne Zenerdioden (ZX-Reihe) eingesetzt, deren Vergleichsspannung der Schalter S 2 (links) auf die Basis von T 2 schaltet. Die in der Schaltung eingezeichnete Zenerdiode bleibt ständig unter Spannung und hat 9 V. Die beiden weiteren Zenerdioden sind bei der Umschaltung einfach parallel zu ZD zu legen. La 1 wird gegen eine Radiolampe 10 V/0,2 A ausgetauscht. Ferner ist es notwendig, die Transformatorspannung von 10 V auf 12 V zu erhöhen, um genügende Spannungsreserve an C 1 zu erhalten. Anstelle des Längstransistors nehmen wir zweckmäßigerweise einen unverwüstlichen Leistungstransistor wie z. B. den 2N3055, für T 1 einen 2N1613 mit Kühlstern. Nach dieser Abwandlung kann das Netzgerät bis 2 A belastet werden, ohne daß der Längstransistor überfordert würde.

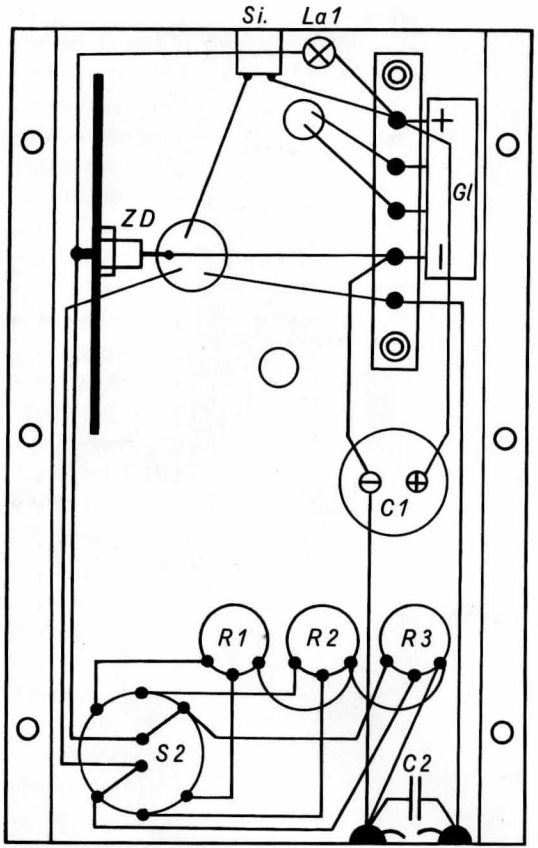
Hinweise zum Aufbau

Die beiden Transistoren T 1 und T 2 sitzen gemeinsam ohne Isolierung auf einem Kühlkörper (Seifert KM 100/75/sw.). Sie sind vor der Montage mit Wärmeleitpaste zu bestreichen. Der Kühlkörper selbst ist durch Isolierfüße vom Chassis getrennt. Auf die Unterseite des Chassis ist ein zweiter Kühlkörper montiert, der wiederum mit Isolierfüßen vom Chassis isoliert und mit den Schrauben des oberen Kühlkörpers befestigt wird. Er ist zur Kühlung der Zenerdiode bestimmt, die sich infolge ihres hohen Stromes verhältnismäßig stark erwärmt. Die gesamte Verdrahtung des Gerätes ist ohne elektrische Benutzung des Chassis durchzuführen; der Elko 1 ist daher mit einer Isolierscheibe zu isolieren.





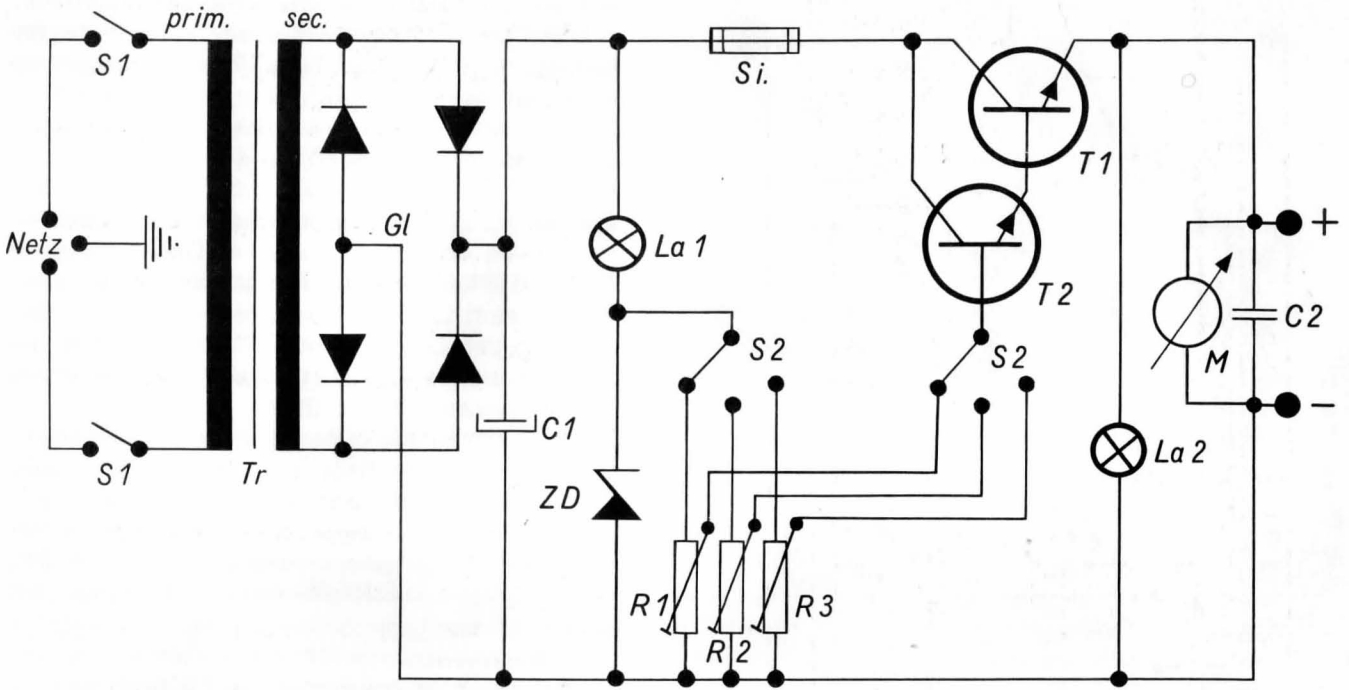
Aufbau- und Verdrahtungs-Foto des umschaltbaren Netzgerätes (Schaltung 4).



30 *Verdrahtungsplan des umschaltbaren Netzgerätes (Schaltung 4).*

Stückliste zu Schaltung 4

1 Gehäuse, 120 mm breit
1 Kühlkörper KM 100/75/sw (Seifert)
1 Kühlkörper KM 100/37,5/sw (Seifert)
4 Isolatoren KM 300 (Seifert)
4 Gummifüße (Werco), 3 Gummidurchführungen (Werco)
1 Netzkabel, 3polig, mit Schukostecker
1 Lötleiste, 5polig
2 isolierte Buchsen
Transformator Tr Netztransformator Typ LH 3 A (Werco)
Meßinstrument
M Drehspul-Voltmeter 10 V (Modell 86, Werco)
Gleichrichter
Gl Brückengleichrichter B 40 C 3200/2200 (ITT)
Sicherung
Si. Sicherungshalter mit Sicherung 0,8 A flink
Schalter
S 1 Kippschalter, 2polig
S 2 Preh-Zwergschalter 3 x 3 (Werco)
Lampen
La 1 6 V/3 W
La 2 Einbau-Kontrollampe mit Birne 18 V/0,1 A
Zenerdiode
ZD ZX 9,1 (ITT Intermetall)
Widerstände
R 1 - R 3 Entbrummpotentiometer 100 Ohm/1 W (Werco)
Kondensatoren
C 1 Elko mit Zentralbefestigung 5000 µF/15/18 V (Werco)
C 2 0,68 µF MKS (Wima)
Transistoren T 1/T 2 BDY 15 C (ITT Intermetall)



Schaltung des umschaltbaren Netzgerätes.

Schaltung 5

Regelbares, elektronisch stabilisiertes Transistor-Netzgerät für 12—28 V

Technische Daten

Ausgangsspannung:	12—18 V, stufenlos regelbar
Ausgangsstrom:	1,5 A im Bereich 12—15 V
	1 A im Bereich über 25 V
Restbrummspannung:	5 mV bei Vollast

Anwendungsbereich

Neben der allgemeinen Radiotechnik gewinnt die Halbleiter-Leistungstechnik immer mehr an Bedeutung. Denken wir nur an Magnetverstärker, Motor-Regelschaltungen, Thyristorschalter und dergleichen. Die Vielfalt der Schaltungen und das fast unübersehbare Halbleiterangebot machen es bei Versuchen zur Voraussetzung, über eine leistungsfähige und regelbare Spannungsquelle zu verfügen. Es versteht sich, daß Restbrummspannungen auf ein Minimum unterdrückt und die Stabilisierung auf ein Maximum gezüchtet werden sollen. Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen und bei gleichzeitig angemessenem Materialaufwand entstand dieses Netzgerät, das mit der maximalen Belastung von 30 Watt auch für größere Schaltungen geeignet ist.

Schaltung

Die vom Transformator abgegebene Wechselspannung von 24 Volt erzeugt nach üblicher Gleichrichtung an C 1 (4000 µF) die Grund-Ausgangsspannung von 30 bis 32 V (je nach Last). Zwischen ihr und dem Plus-Ausgang ist der Längstransistor T 1 einschließlich des Steuertransistors T 2 eingeschaltet. T 1 ist der robuste Siliziumtransistor 2N3055 (RCA).

Im Gegensatz zu den vorherigen Schaltungen wird hier von einem anderen Regelprinzip Gebrauch gemacht. Grundsätzlich bleibt gleich, daß die Basisspannung an T 2 die Höhe der Ausgangsspannung bestimmt. Sie muß bei dem angegebenen Regelbereich zwischen 12 und 28 V liegen. Die Regelschaltung arbeitet nach folgendem Prinzip:

An ZD steht eine stabile Vergleichsspannung von +9,1 V. An ihr ist der Emitter des T 3 angeschlossen; die Basis erhält einen Teil der Ausgangsspannung. Wenn nun die Basis gegenüber dem Emitter um einige Zehntelvolt niedriger wird, dies geschieht z. B. bei

einer großen Belastung des Ausganges, sinkt der Kollektorstrom in T 3, bzw. er setzt völlig aus. Am Kollektor T 3 (und gleichzeitig an der Basis von T 2) steigt die Spannung an, wodurch sich auch die Ausgangsspannung solange erhöht, bis ihr ursprünglicher Wert wieder erreicht ist. Im umgekehrten Fall, dann, wenn die Ausgangsspannung höher wird als gewünscht, erhält auch die Basis von T 3 ein höheres Potential. Wegen des nun ansteigenden Kollektorstromes sinkt die Spannung an R 2 sowie die am Ausgang.

Durch Auswechseln der Zenerdiode gegen eine Type mit höherer oder niedrigerer Durchbruchspannung verschiebt sich die Größe der minimal einstellbaren Ausgangsspannung auf U_D + Kniespannung T 3, also etwa $U_D + 1 - 2$ V.

Die tatsächlich aufgenommene Leistung des Längstransistors T 1 errechnet sich aus der an ihm abfallenden Spannung (ca. 31 — Ua) mal dem entnommenen Strom. Daraus ergibt sich die größte Belastung bei der niedrigsten Ausgangsspannung, nämlich P = 31 — 12 mal 1,5 = 19 x 1,5 = 28,5 W. Die hohe Leistung setzt sich ganz in Wärme um, weshalb der Transistor gut gekühlt werden muß. Laut Herstellerangaben darf die Gehäusetemperatur (28,5 W) maximal 150 ° C betragen. Auch die beiden anderen Transistoren (T 2/T 3) erhitzen sich ohne Kühlung unzulässig hoch. Hier schafft ein Kühlstern Abhilfe.

Aufbaufoto des elektronisch stabilisierten Netzgerätes für 12 bis 28 Volt (Schaltung 5).

Aufbauhinweise

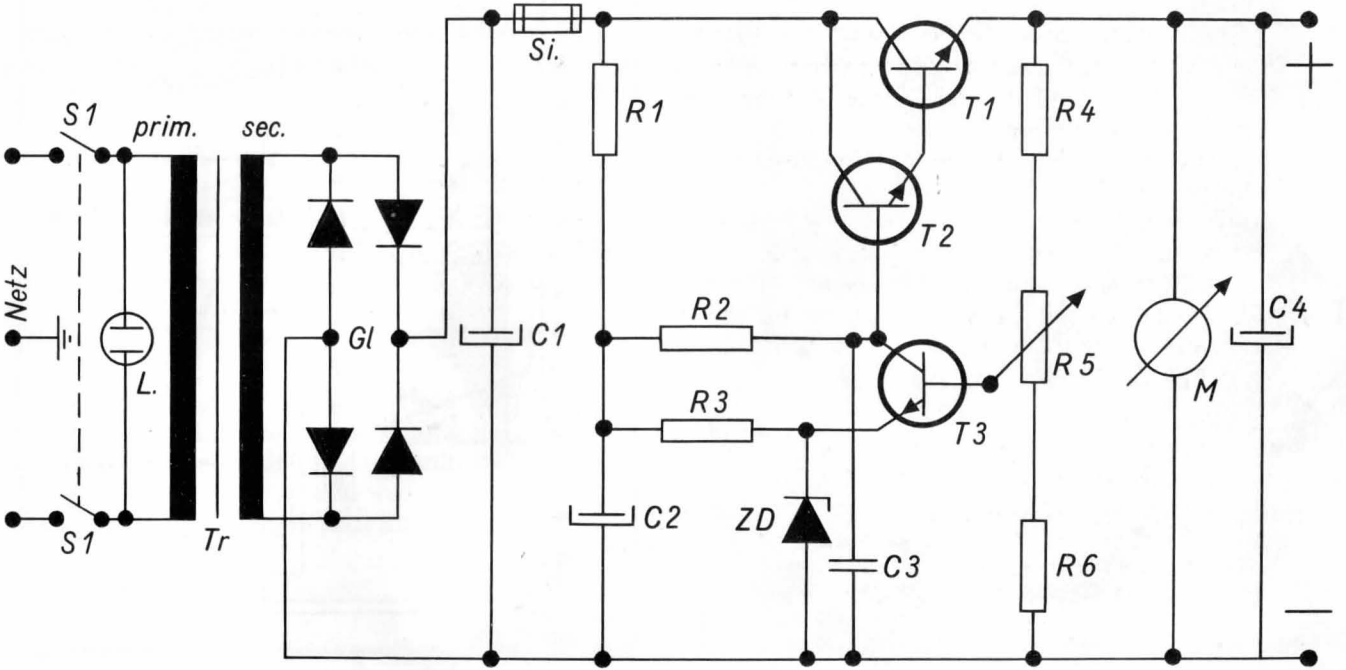
1) Der Kondensator C 1 ist mit 4000 µF/35—40 V gewählt. Er setzt sich aus 4 Einzelkondensatoren mit je 1000 µF zusammen, die mit Isolierscheiben vom Chassis zu isolieren sind.
2) C 2 besteht aus 2 parallelgeschalteten Rollelkos von je 500 µF/35—40 V.
3) Der Kühlkörper ist durch 4 Isolierbuchsen vom Chassis getrennt. Die Befestigungsschrauben (4 x 30) dienen gleichzeitig zur Montage der beiden Lötleisten. Der Längstransistor T 1 wird direkt auf den Kühlkörper geschraubt. Er ist vor der Montage mit Wärmeleitpaste zu bestreichen.

Stückliste zu Schaltung 5

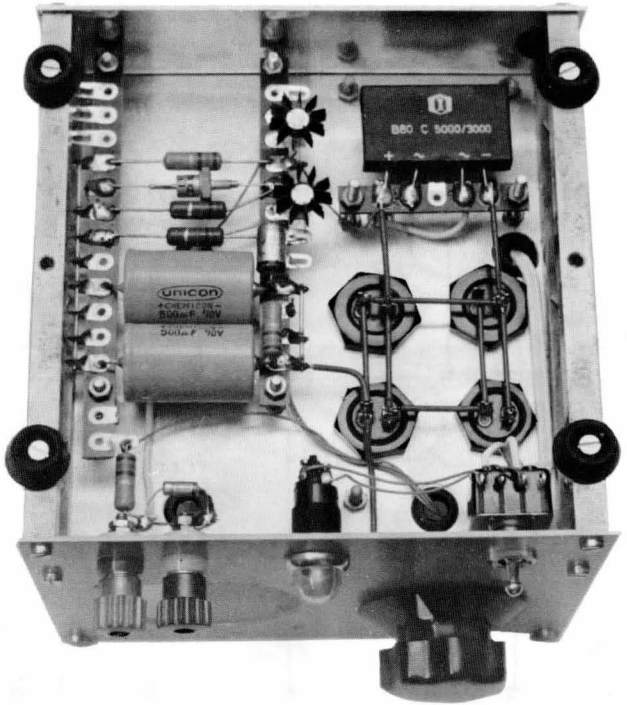
1 Gehäuse, 180 mm breit
1 Kühlkörper KL 101/75/sw (Seifert)
2 Kühlsterne TO 5 (KS 1) (Seifert)
4 Isolierfüße KM 301 (Seifert)
1 Lötleiste, 12polig
1 Lötleiste, 14polig
4 Gummifüße
4 Gummidurchführungen
2 isolierte Buchsen
1 Netzkabel, 3polig, mit Schukostecker

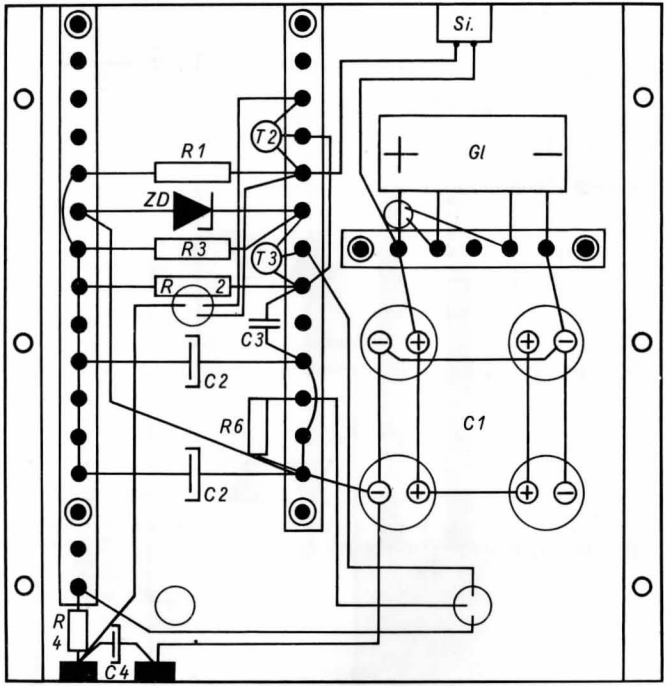
Kleinmaterial

Meßinstrument
M Drehspul-Voltmeter 30 V
(im Gerät 50 V, Modell 86, Werco)
Gleichrichter
Gl Brückengleichrichter B 40 C 3200/2200
(ITT Intermetall)
Diode
ZD Zenerdiode ZX 9,1 (ITT Intermetall)
Transistoren
T 1 2 N 3055 (RCA, Neye)
T 2 2 N 1613 (RCA, Neye)
T 3 2 N 1613 (RCA, Neye)
Sicherung
Si. Einbausicherungshalter mit Sicherung 1,5 A flink
Schalter
S 1 Kippschalter, 2polig
Lampe
L. Einbau-Kontrollampe mit Glimmlampe 220 V
Kondensatoren
C 1 4 x 1000 µF/35-40 V, Schraubelkos mit Zentralbefestigung (Werco)
C 2 2 x 500 µF/35-40 V, Rollelkos (Werco)
C 3 0,1 µF/400 V
C 4 25 µF/35-40 V
Widerstände
R 1 180 Ohm/1 W (Werco)
R 2 1 kOhm/1 W (Werco)
R 3 1 kOhm/1 W (Werco)
R 4 180 Ohm/1 W (Werco)
R 5 1 kOhm Potentiometer lin. (Werco)
R 6 180 Ohm/1 W
Transformator
Tr Netztransformator LH 3 A (Werco)



Schaltung des elektronisch stabilisierten Netzgerätes für 12 bis 28 Volt.





Verdrahtungsfoto des elektronisch stabilisierten Netzgerätes für 12 bis 28 Volt (Schaltung 5).

Verdrahtungsfoto des elektronisch stabilisierten Netzgerätes für 12 bis 28 Volt (Schaltung 5).

Schaltung 6

Regelbares, elektronisch stabilisiertes Netzgerät für 5—18 Volt

Technische Daten

Ausgangsspannung:	5—18 V, stufenlos regelbar
Ausgangsstrom:	1 A im gesamten Bereich
Restbrummspannung:	maximal 3 mV

Anwendungsbereich

Für dieses Gerät gilt das gleiche wie für das vorstehende Netzgerät. Es ist nur eine mechanisch kleinere und in der Leistung reduzierte Variante. Dennoch reicht es für die meisten Versuche aus und ist im Aufbau nicht nur kleiner, sondern auch billiger.

Schaltung

Das Regelprinzip aus Schaltung 5 wurde beibehalten. Neu ist jedoch C 4, über den die Restbrummspannung auf T 3 zurückgeführt und auf diese Weise automatisch in T 1 ausgeglichen wird.
Wegen des mechanisch kleineren Kühlkörpers ist die maximale Verlustleistung in T 1 begrenzt. Sie soll 20 Watt nicht übersteigen, damit T 1 auch im geschlossenen Gehäuse nicht unzulässig heiß wird. Für die kleinste Ausgangsspannung von 5 V bei 1 A darf unter diesen Voraussetzungen die Eingangsspannung nicht höher sein als 25 V. Der Transformator ist deshalb bei 16 V angezapft, an C 1 entstehen so +22 V.
Die Zenerdiode ZD ist mit 3,9 V schon sehr niedrig bemessen, noch kleinere Vergleichsspannungen gehen auf Kosten der Stabilität. Obwohl ZX 3,9 eine ausgesprochene Leistungsdiode ist, die in dieser Schaltung normalerweise nicht erforderlich wäre, hat die Wahl dieser Type doch ihre Vorteile. Erstens bleibt das Gehäuse völlig kalt. Ein thermisches Verschieben der Durchbruchspannung ist also auf ein Minimum beschränkt. Zweitens hat sie eine sehr steile Durchbruchkennlinie, wodurch die Zenerspannung auch bei Stromschwankungen sehr stabil bleibt.

Aufbauhinweise

1) Der Transformator LH 3 A ist bei 0 und 16 V anzuschließen.
2) Der Kühlkörper ist mit Kunststoffschrauben oder Isolierfüßen KM 301 vom Chassis zu isolieren.
3) Vor der Montage ist der Transistor T 1 auf dem Gehäuseboden mit Wärmeleitpaste zu bestreichen.
4) C 1 besteht aus zwei parallelgeschalteten Rollelkos von je 1000 µF/25—30 V.

Stückliste zu Schaltung 6

1 Gehäuse, 120 mm breit
1 Kühlkörper KM 101/37,5/sw (Seifert)
2 Kühlsterne TO 5 (KS 1) (Seifert)
2 Isolierfüße KM 301 (Seifert)
4 Gummifüße (Werco)
4 Gummidurchführungen (Werco)
2 Lötleisten, 15polig
2 isolierte Buchsen (Werco)
1 Netzkabel, 3polig, mit Schukostecker

Transformator
Tr Netztransformator LH 3 A (Werco)

Kleinmaterial

Meßinstrument
M Drehspul-Voltmeter 25 V (Werco)
(im Gerät 50 V, Modell 86)

Gleichrichter
Gl Brückengleichrichter B 40 C 3200/2200
(ITT Intermetall)

Diode
ZD Zenerdiode ZX 3,9 (ITT Intermetall)

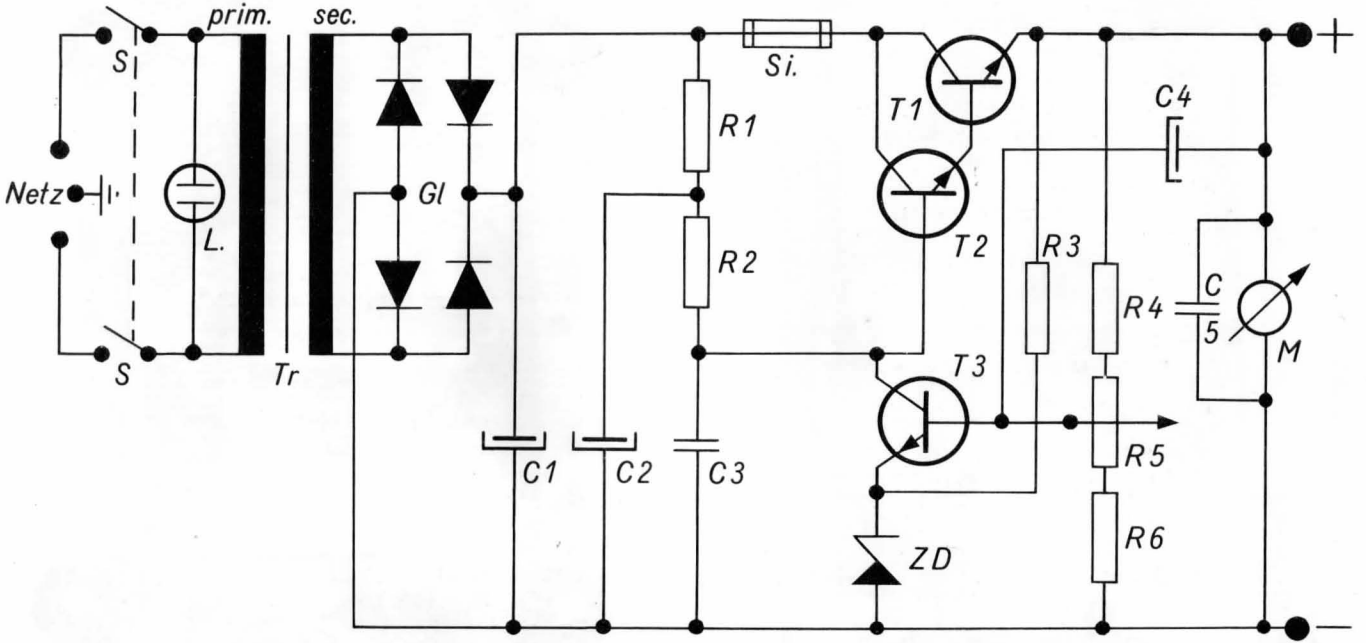
Transistoren
T 1 2 N 3055 (RCA, Neye)
T 2 2 N 1613 (RCA, Neye)
T 3 2 N 1613 (RCA, Neye)

Schalter
S Kippschalter, 2polig

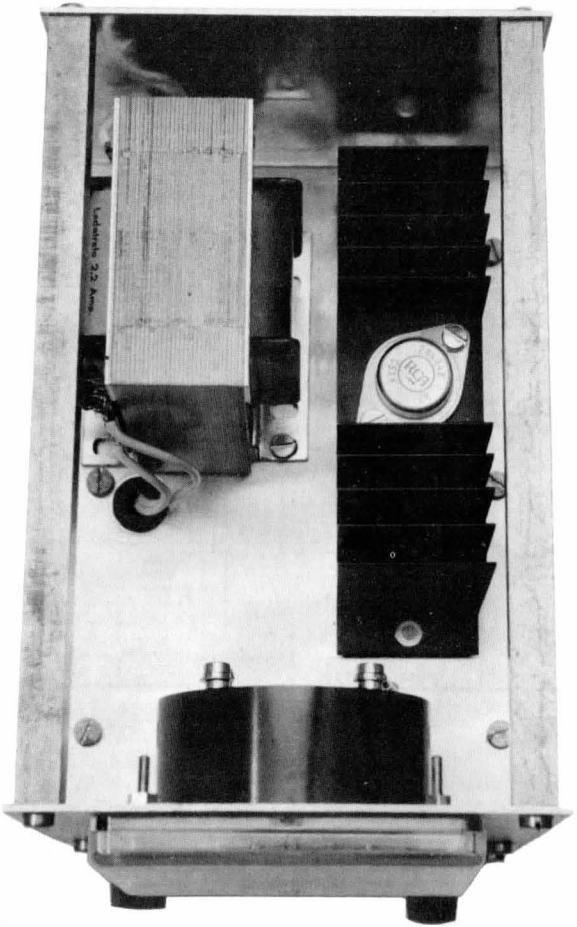
Lampe
L. Einbau-Kontrollampe mit Glimmlampe 220 V

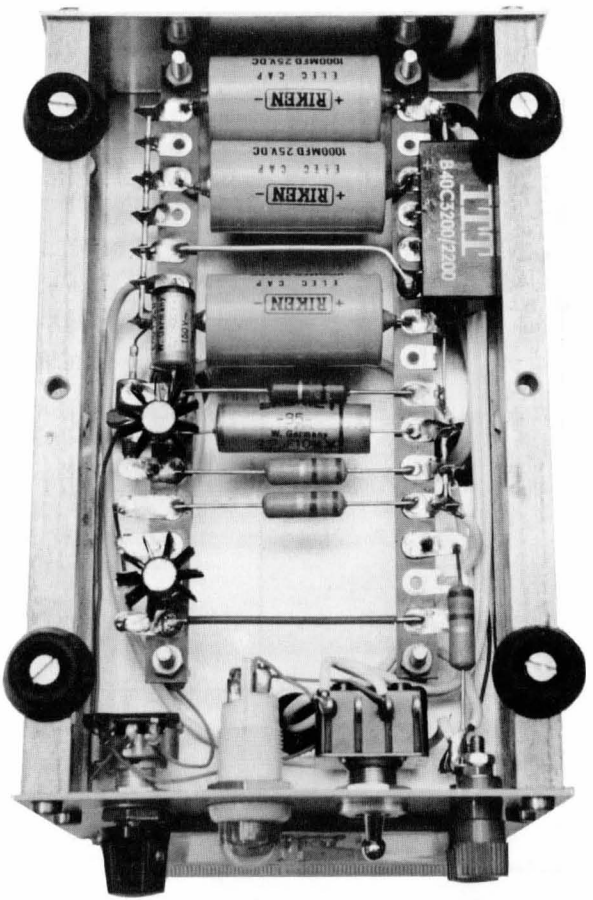
Widerstände
R 1 180 Ohm/1 W
R 2 1 kOhm/1 W
R 3 180 Ohm/1 W
R 4 180 Ohm/1 W
R 5 1 kOhm Potentiometer lin.
R 6 180 Ohm/1 W

Kondensatoren
C 1 2 x 1000 µF/25-30 V, Rollelkos
C 2 1000 µF/25-30 V, Rollelko
C 3 0,1 µF/400 V, Erofol
C 4 2,2 µF/100 V, Erofol
C 5 0,68 µF/100 V, Erofol



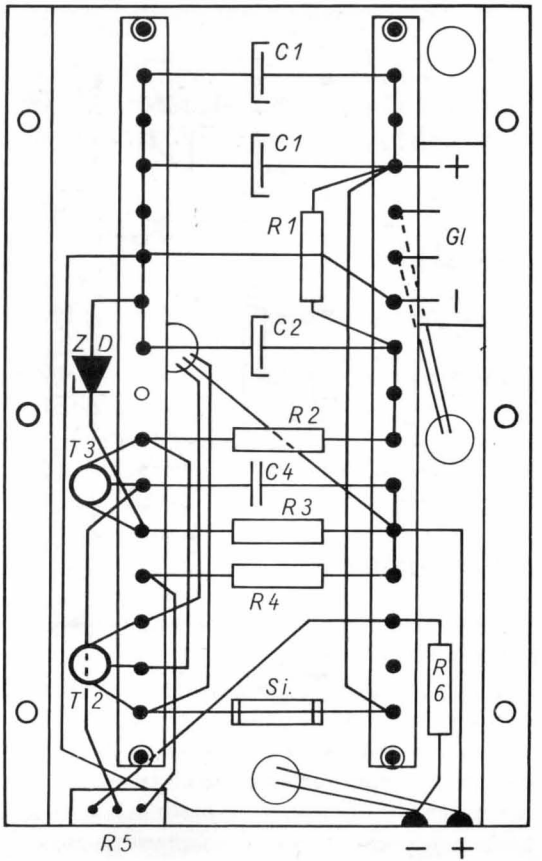
Schaltung des regelbaren Netzgerätes für 5 bis 8 Volt.




RIKEN
RIKEN
RIKEN

Schaltung 6: Regelbares Netzgerät 5 bis 18 Volt.

< *Aufbau- und Verdrahtungs-Foto*



Verdrahtungsplan >

Schaltung 7

Einfaches Niedervolt-Netzgerät mit umschaltbarer Ausgangsspannung

Die Freunde der elektrischen Eisenbahn, Praktiker der Elektrotechnik, Modellbauer und Fernsteuer-Amateure finden in diesem Gerät eine ideale Stromquelle.

Technische Daten

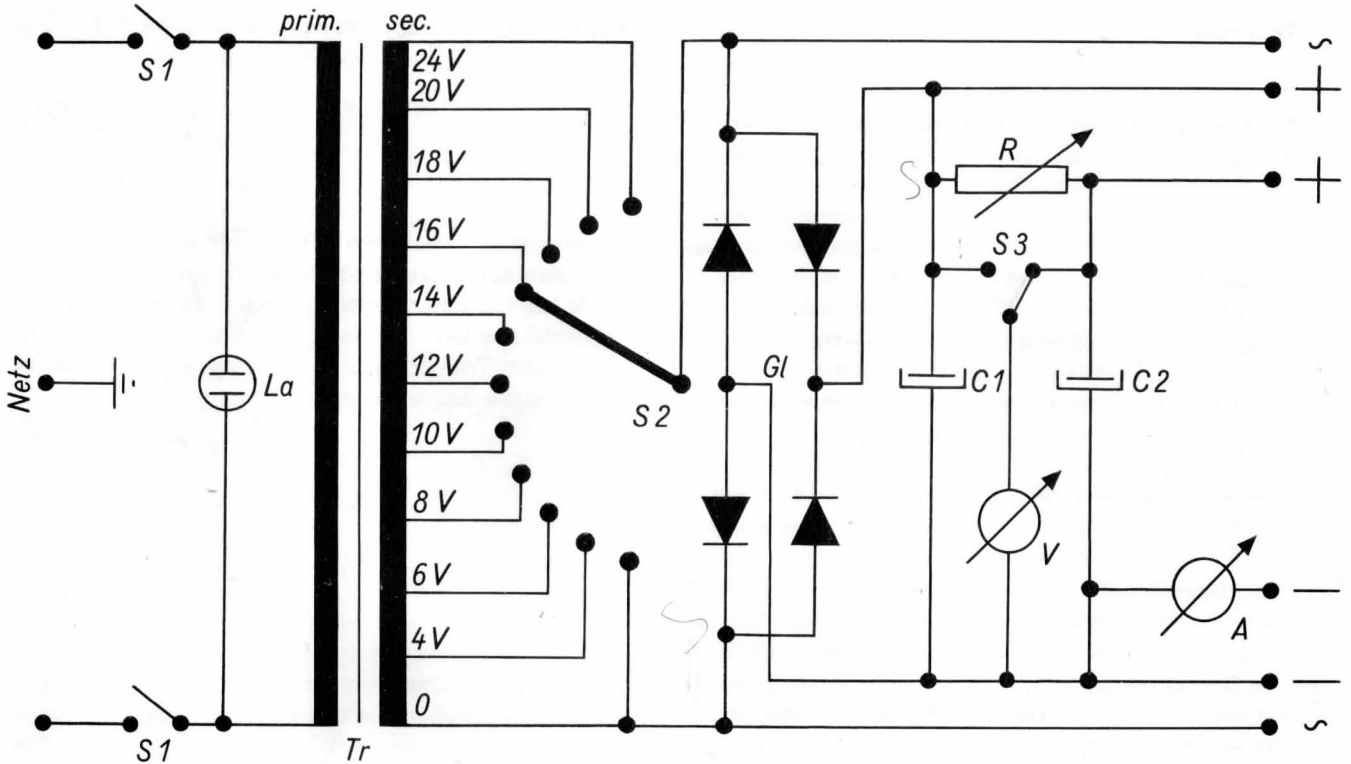
Ausgangs-Wechselspannung:	4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 24 V
Ausgangs-Gleichspannung:	5—32 umschaltbar, sowie zusätzliche Feinregelung
Wechselstrom:	4 A bei allen Spannungen
Gleichstrom:	3 A bei allen Spannungen

Anwendungsbereich

Ein Netzgerät mit den vorstehenden Daten ist sehr vielseitig verwendbar. In der Radiotechnik eignet es sich zum Betreiben von Autosupern, Batterie-Tonbandgeräten, zum Laden großer und kleiner Akkus, zum Heizen von Röhren und dergleichen mehr. Im Bereich der Transistortechnik ist es vorzugsweise zur Speisung von Leistungsendstufen, Thyristorschaltungen, Relais, Motorregelungen und Kraftschaltern gedacht.

Stückliste zu Schaltung 7

Schalter
S 1 Kippschalter, 2polig
S 2 Umschalter 1x11 bzw. 1x20 (Werco)
S 3 Kipp-Umschalter, 1polig
Lampe
La Einbau-Kontrollampe mit Glimmlampe
Transformator
Tr Netztransformator LH 13 (Werco)
Gleichrichter
Gl Brückengleichrichter B 40 C 3200/2200 (ITT Intermetall)
Kondensatoren
C 1/C 2 Rollelkos 5000-6000 µF, 35 V/40 V (Werco)
Widerstand
R Drahtpotentiometer 50 Ohm/50 W (Werco)
Meßinstrumente
V Dreheisen-Voltmeter 40 V (Werco)
A Dreheisen-Amperemeter 1 A (Werco)



Schaltung des einfachen, umschaltbaren NV-Netzgrätes.

Schaltung

Der serienmäßig hergestellte Netztransformator trägt Anzapfungen zwischen 4 und 24 Volt und ist mit maximal 4 A zu belasten. Die einzelnen Anzapfungen sind auf die Kontakte des Umschalters S 2 gelegt, die jeweils eingeschaltete Spannung ist den Ausgangsklemmen zugeführt. Parallel dazu wird der Brückengleichrichter Gl geschaltet. Wir verwenden hierfür die Intermetall-Type B 40 C 3200/2200, die mit einem Kühlblech fest auf das Chassis montiert wird. Am Ladekondensator C 1 (er besteht aus 3 x 2000 µF) entsteht im Leerlauf die 1,4fache Gleichspannung der gerade eingeschalteten Wechselspannung. Bei 24 V Transformatorspannung also ca. 32 V=. Auch sie ist an zwei Ausgangsklemmen herausgeführt. Mit dem Drehwiderstand R kann aus der vollen Gleichspannung eine in Grenzen regelbare Gleichspannung gewonnen werden. Das Potentiometer muß dem maximal geforderten Strom (1 A ist ausreichend) gewachsen und deshalb hoch belastbar sein. Der geregelte Ausgang ist mit 6000 µF (3 x 2000 µF) abgeblockt. Die direkte und die geregelte Gleichspannung wird mit dem Voltmeter V gemessen, das durch S 3 auf einen der beiden Ausgänge umgeschaltet werden kann. Zur Kontrolle des Gleichstromes ist ein Amperemeter (1—5 A, je nach Wunsch) vorgesehen. Es liegt in einer Minusleitung und gestattet so die gleichzeitige Überwachung beider Plus-Ausgänge.

Für den Fall, daß ein Messen des Stromes nicht nötig oder erwünscht ist, kann der direkte Minus-Anschluß benutzt werden.

Zum Umschalter

Es empfiehlt sich, einen Umschalter einzusetzen, der zwischen den einzelnen belegten Kontakten eine Leerstufe hat. Bei den meisten Typen berühren sich nämlich während des Umschaltens gleichzeitig 2 Kontakte, wodurch der Transformator kurzzeitig kurzgeschlossen wird und die Sicherung durchbrennt.

Schaltung 8

Universal-Netzgerät für Röhrenschaltungen

Technische Daten

Ausgänge bei Last:
+550 V/0,1 A an Schalter 3
oder
+270 V/0,2 A an Schalter 4
+150 V stabil, 20 mA an Schalter 5
0 bis —150 V regelbar, 1 mA
an Schalter 6
—150 V stabil, 5 mA an Schalter 7
6,3 V Heizung/3 A an Schalter 2

Anwendungsbereich

Trotz der überwältigenden Marktbeherrschung des Transistors sind Röhren bis auf weiteres noch nicht völlig zu entbehren. Ja es gibt sogar Amateure, für die der Transistor noch mit Geheimnissen umwittert ist, und die sich daher lieber mit den vertrauten Röhrenschaltungen beschäftigen. Ohne Zweifel bieten sehr viele Spezialröhren ganz andere Möglichkeiten als Transistoren. Denken wir nur an Leistungsendstufen für UKW und UHF, an Kaltkatoden-Schaltröhren, Foto-Multiplier oder Hochleistungs-Breitbandpentoden. Daneben werden heute in jeder Werkstatt nach wie vor größtenteils Röhrengeräte repariert, angefangen bei alten Verstärkern bis zum Fernsehapparat.
Für alle, die tagtäglich mit Röhrengeräten umgehen müssen oder es aus Hobby tun, ist dieses einfache Netzgerät gedacht. Wenngleich der Material- und Schaltungsaufwand nicht sonderlich hoch ist, läßt es sich doch außergewöhnlich vielseitig einsetzen. Das Netzgerät gibt alle üblichen Spannungen für Radiogeräte ab und enthält darüber hinaus eine regelbare Gitterspannung, eine stabilisierte Plus-Spannung (150 V) und einen 550-V-Ausgang, der für Kraftverstärker und Kleinsender vorgesehen ist. Der Funk-, Elektronik- und HiFi-Amateur hat somit die Möglichkeit, im Experiment zu erproben, unter welchen Betriebsbedingungen sein Gerät am günstigsten arbeitet.
Alle Ausgänge können mit einem Kippschalter abgeschaltet werden. Das lästige Stöpseln während eines Versuches fällt damit fort.

Schaltung

Es wird ein Netztransformator verwendet, der sekundär eine Heizwicklung von 6,3 V und eine Doppelweg-Anodenwicklung von 2 x 220 V besitzt. Die Heizspannung ist erdsymmetrisch herausgeführt und mit S 2 ab-

schaltbar. Die Lampe La dient zur Betriebsanzeige, hat aber, um nicht unnötig hohen Strom zu verbrauchen, 18 V/0,1 A.

Zur Gleichrichtung der Anodenspannung nehmen wir einen Brückengleichrichter, der wie 2 getrennte Doppelweggleichrichter arbeitet. Man muß sich die Schaltung zunächst so vorstellen, als wäre die Mittelanzapfung des Transformators geerdet. Demnach erzeugen die beiden linken Dioden eine im Doppelweg gleichgerichtete negative Gleichspannung an C 3, die beiden rechten Dioden eine positive Gleichspannung an C 2. Beide Spannungen sind nun in Reihe geschaltet, und statt die Mittelanzapfung zu erden, wird die negative Ausgangsspannung als Nullpunkt benutzt, die Mittelanzapfung als Plus. Wir erhalten so gegenüber Masse an C 3 eine Spannung von +300 V, an C 4 (oben) eine solche von 600 V im Leerlauf. Der 300-V-Ausgang wird wohl am meisten gebraucht werden, er muß in jedem Fall gut gesiebt und brummfrei sein. Die Drossel L hat zusammen mit C 6 eine gute Siebwirkung; der Anschluß empfindlicher Verstärker ist damit möglich. Von dem 600-V-Ausgang wird eine weniger gute Siebung verlangt. Erfahrungsgemäß ist eine so hohe Spannung nur für Gegentaktendstufen erforderlich, die bekanntlich nicht empfindlich gegen Brummspannungen sind. Für ausreichende Beruhigung sorgen R 2 und C 5.

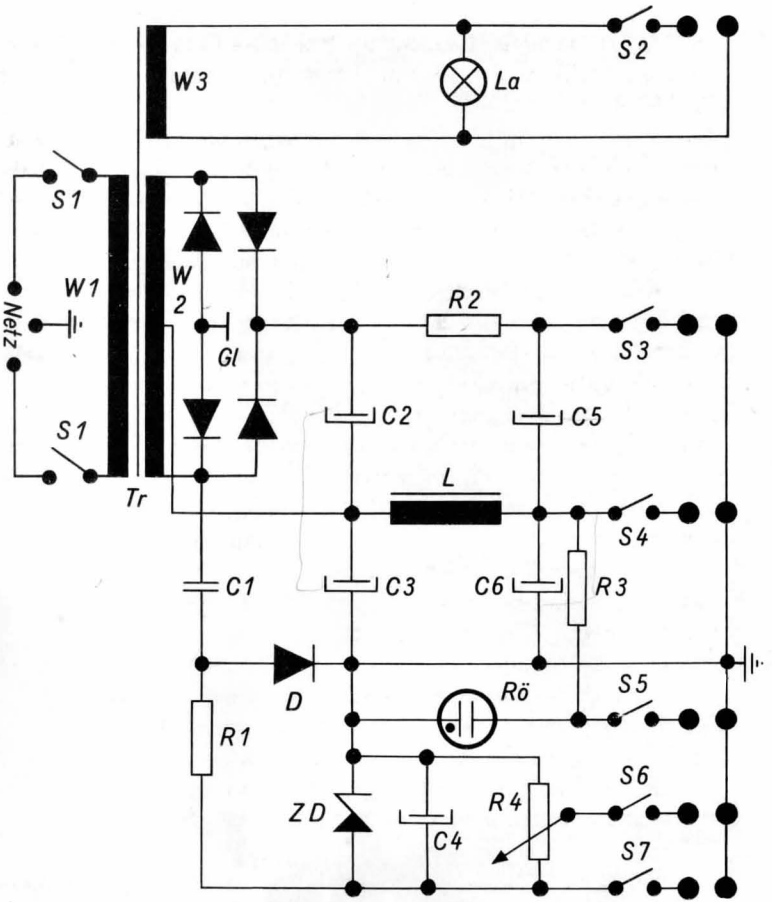
Aus der 300-V-Spannung wird mit Hilfe des Stabilisators (Rö) eine stabilisierte Spannung von 150 V erzeugt. Der Vorwiderstand (R3) des Stabis ist mit 4 kOhm zu dimensionieren, wenn ein Verbraucherstrom von 25—30 mA gewünscht wird. Meistens kommt man jedoch mit 10 mA gut aus. R 3 ist dann 8 kOhm.

Die Erzeugung der negativen Gitterspannung geschieht ohne besondere Transformatorwicklung. Aus W 2 entnehmen wir mit C 1 eine Wechselspannung, deren positive Halbwellen die Diode D kurzschließen. C 1 lädt sich daher negativ auf. Diese mit einem großen Wechselspannungsanteil überlagerte Gleichspannung erfährt in ZD eine Stabilisierung auf —150 V. Wegen des hohen Spannungsabfalles an R 1 ist die Stabilisierung und Glättung sehr gut. Über S 7 wird die Festspannung dem Ausgang zugeführt. R 4 gestattet ein kontinuierliches Regeln der Gitterspannung von 0 bis —150 V.

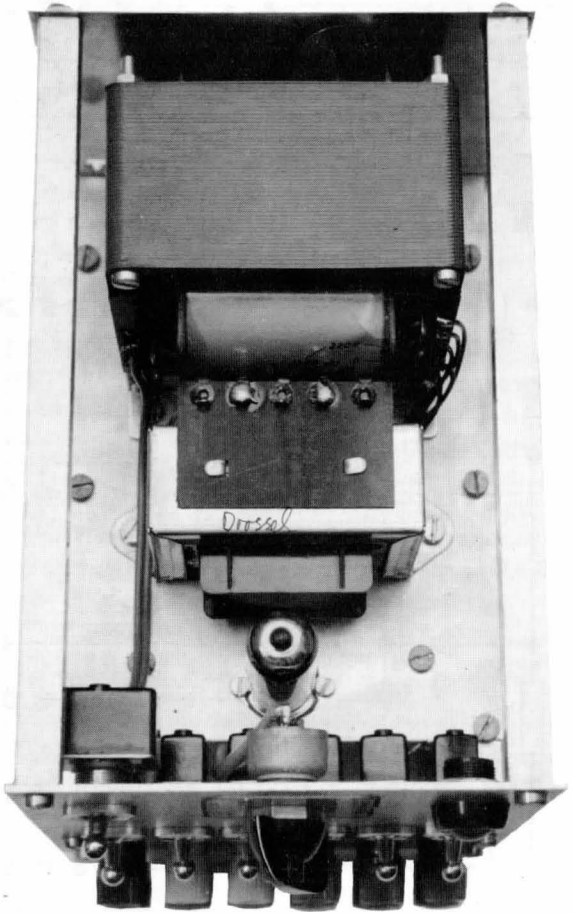
Stückliste zu Schaltung 8

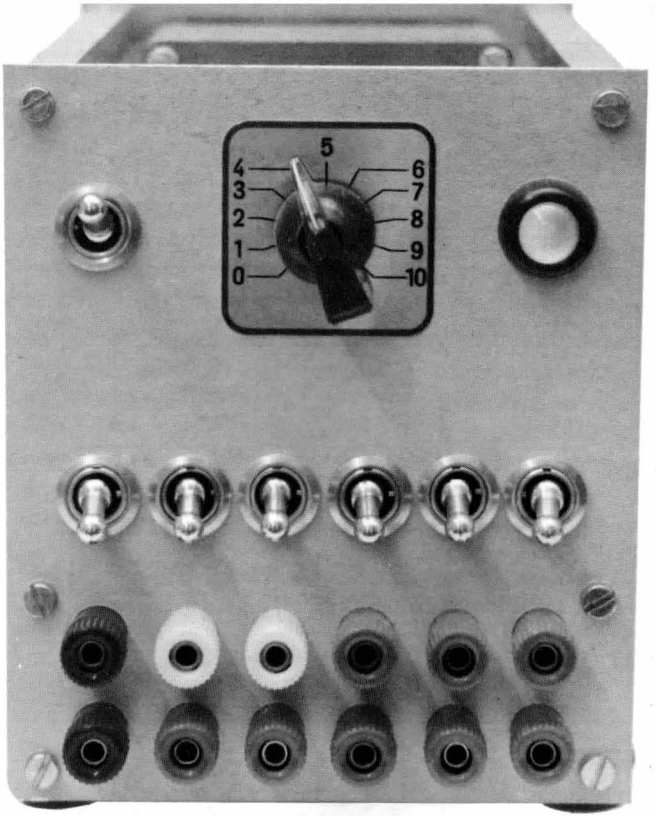
1 Gehäuse, 120 mm breit
12 isolierte Buchsen
4 Gummifüße
1 Netzkabel, 3polig, mit Schukostecker
2 Lötleisten, 12polig
2 Gummidurchführungen
1 Drehknopf mit Zeiger
1 Skalenblatt
1 Miniaturfassung, keramisch
Lampe
La Einbau-Kontrollampe mit Birne 18/0,1

Transformator
Tr Transformator (Werco)
W 1 = 220 V Netz
W 2 = 2 x 220 V/0,2 A
W 3 = 6,3 V/3 A
Drossel
L Netzdrossel ND 6 (Werco)
Gleichrichter
Gl Brückengleichrichter B 500 C 400 (Werco)
Schalter
S 1 Kippschalter, 2polig
S 2-S 7 Kippschalter, 1polig
Röhre
Rö Stabilisator OA 2
Widerstände
R 1 22 kOhm/1 W
R 2 180 Ohm/2 W
R 3 4 kOhm/6 W bzw. 8 kOhm/6 W (Text)
R 4 100 kOhm Potentiometer lin.
Kondensatoren
C 1 0,22 µF/1000 V
C 2 100 µF/385 V (Werco)
C 3 100 µF/385 V (Werco)
C 4 8 µF/385 V (Werco)
C 5 32 µF/385 V (Werco)
C 6 32 µF/385 V (Werco)
Diode
D Silizium-Diode 800 V/10 mA
Zenerdiode
ZD ZX 150 (ITT Intermetall)



Schaltung des Universal-Röhren-Netzgrätes.



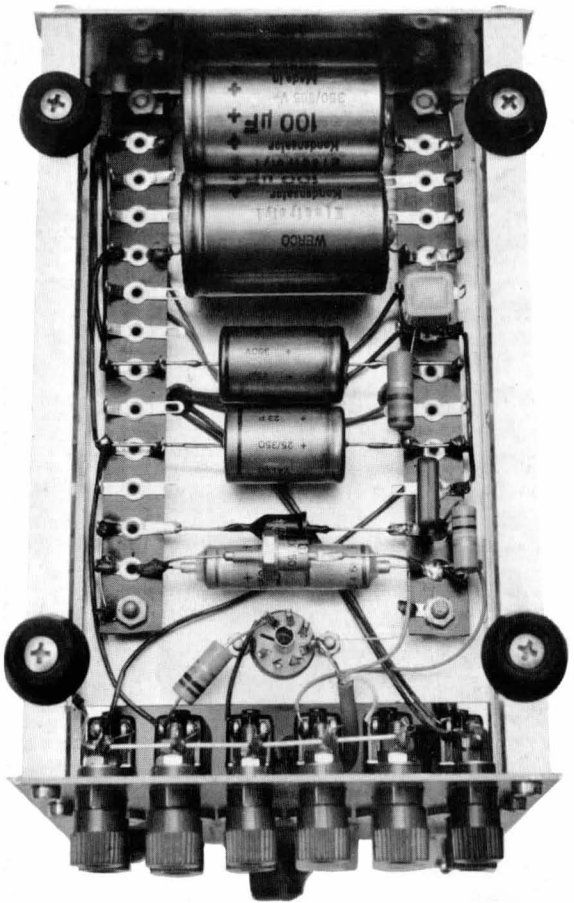


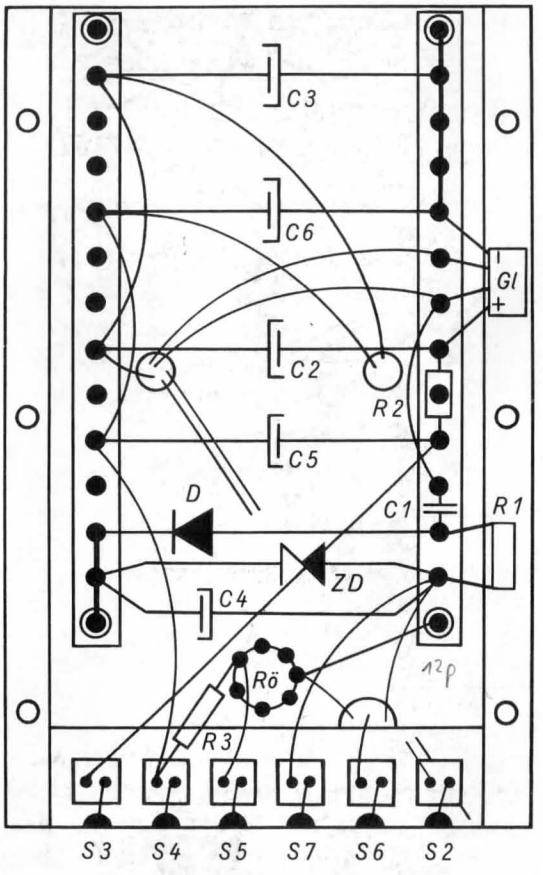
Frontplatte. ^

Universal-Röhren-Netzgerät.

Verdrahtungs-Foto und -Plan. >

< *Aufbaufoto.*


100 µF
WERKO


C3
C6
Gl
+
C2
R2
C5
D
C1
R1
ZD
C4
Rö
12p
R3
S3
S4
S5
S7
S6
S2

Schaltung 9

Elektronisch stabilisiertes Röhrennetzgerät

Technische Daten

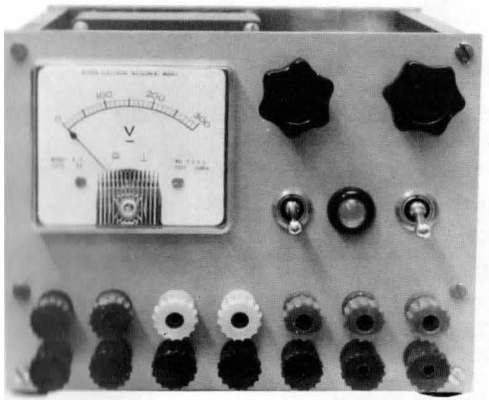
Ausgänge:
+300 V Leerlauf 0,1 A
+125—250 V regelbar, 0,15 A
+150 V stabil, 30 mA
—150 V stabil, 5 mA
0 bis —150 V regelbar, 1 mA
6,3 V Heizung, 3 A

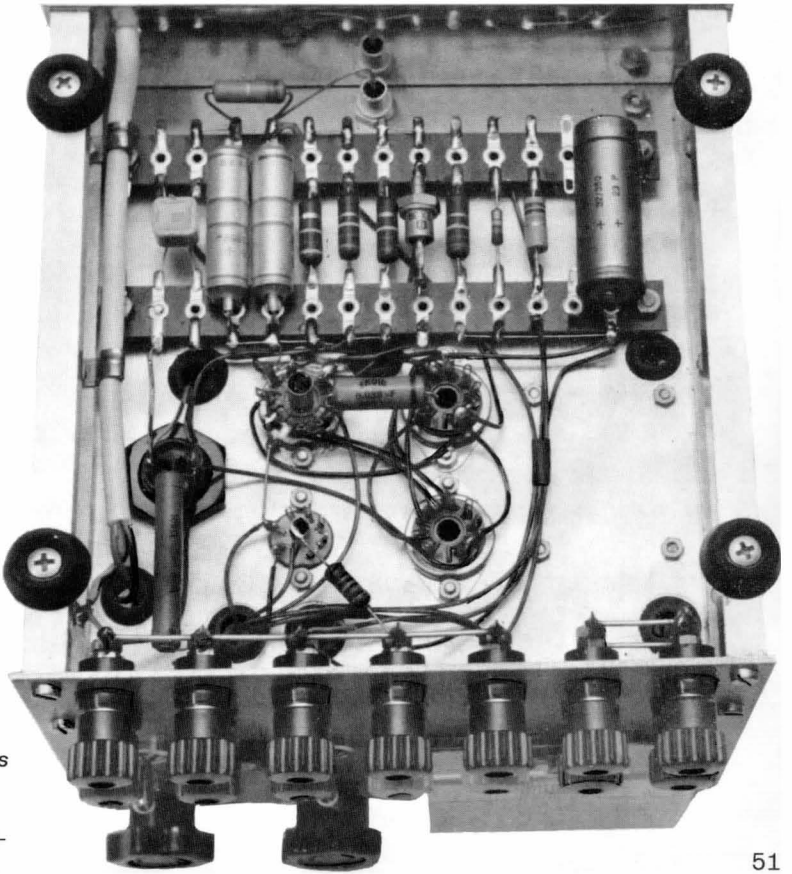
Anwendungsbereich

Dieses Netzgerät ist für den ernsthaft tätigen Amateur der Radiotechnik und Elektronik bestimmt. Im Bereich der Röhrenschaltungen kann es wegen seines regelbaren und elektronisch stabilisierten Plus-Ausganges (125—250 V) bei der Ausarbeitung und Erprobung neuer Schaltungen Anwendung finden. Mit einer kurzzeitigen Spitzenbelastung von 200 mA in dem genannten Bereich eignet es sich besonders für Schaltungen der Impulstechnik bzw. für Versuche mit Kaltkatodenröhren. Weiterhin erlaubt die regelbare Gitterspannung (0 bis —150 V) die Bestimmung des günstigsten Arbeitspunktes von Senderöhren, Klasse-B-Verstärkern, Zeitschaltern usw. Der +150-V- und —150-V-Ausgang ist auch für Kompensationsschaltungen und zur Speisung von Hochvakuum-Fotozellen zu verwenden.

Schaltung

Es sind zwei Netztransformatoren erforderlich, von denen Tr 2 lediglich die Heizspannung von 6,3 V liefern muß. Tr 1 hat an W 3 ebenfalls 6,3 V, und zwar ausschließlich zur Heizung von R 2/3/4. Die Anodenwicklung W 2 gibt 2 x 220 V/0,2 A ab. An ihr ist der Brükkengleichrichter Gl angeschlossen, der, wie aus anderen Schaltungen bereits bekannt, wie zwei einzelne Doppelweggleichrichter wirkt. Am Minus-Ausgang des Gleichrichters erhalten wir —300 V, die nach entsprechender Siebung von C 1, R 1 und C 4, durch ZD 2 auf —150 V begrenzt, dem Ausgang zugeführt werden. Das zu ZD 2 parallelgeschaltete Potentiometer R 7 ermöglicht den Abgriff einer beliebigen negativen Teilspannung.
Der Pluspol des Gleichrichters liefert eine Anodenspannung von +300 V. Nach sorgfältiger Siebung (C 2, L, C 3) ist sie am Ausgang abgreifbar. Aus ihr wird außerdem mit dem Stabilisator (Rö 1) eine stabile 150-V-Spannung gewonnen.





Aufbaufoto des elektronisch stabilisierten Röhren-Netzgerätes (Schaltung 9).

Verdrahtungs-Foto des elektronisch stabilisierten Röhren-Netzgerätes (Schaltung 9).

Stückliste zu Schaltung 9

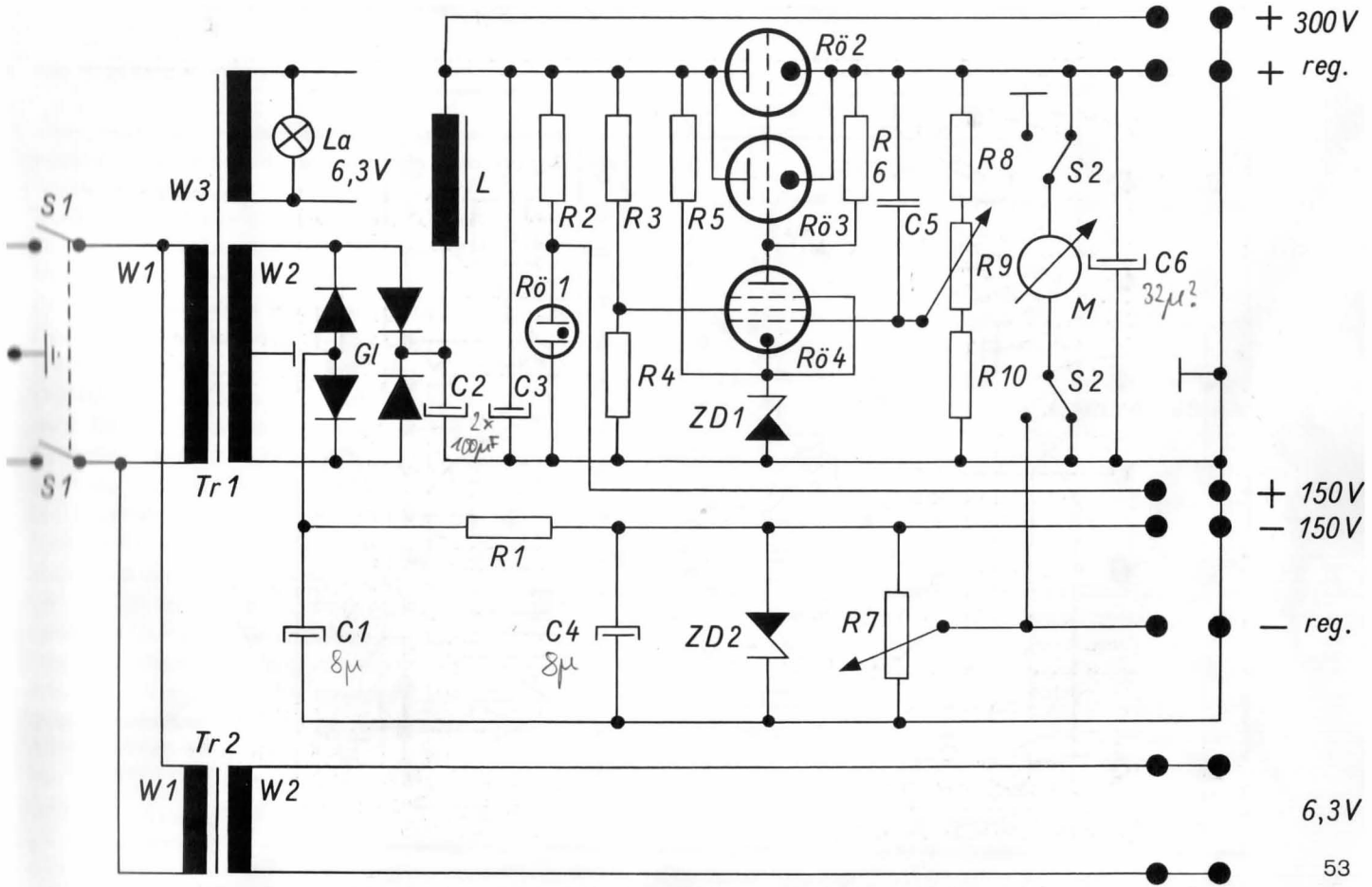
1 Gehäuse, 180 mm breit
14 isolierte Buchsen
4 Gummifüße
1 Netzkabel, 3polig, mit Schukostecker
2 Lötleisten, 13polig
6 Gummidurchführungen
2 Zeigerknöpfe
3 Novalfassungen
1 Miniaturfassung

Kleinmaterial

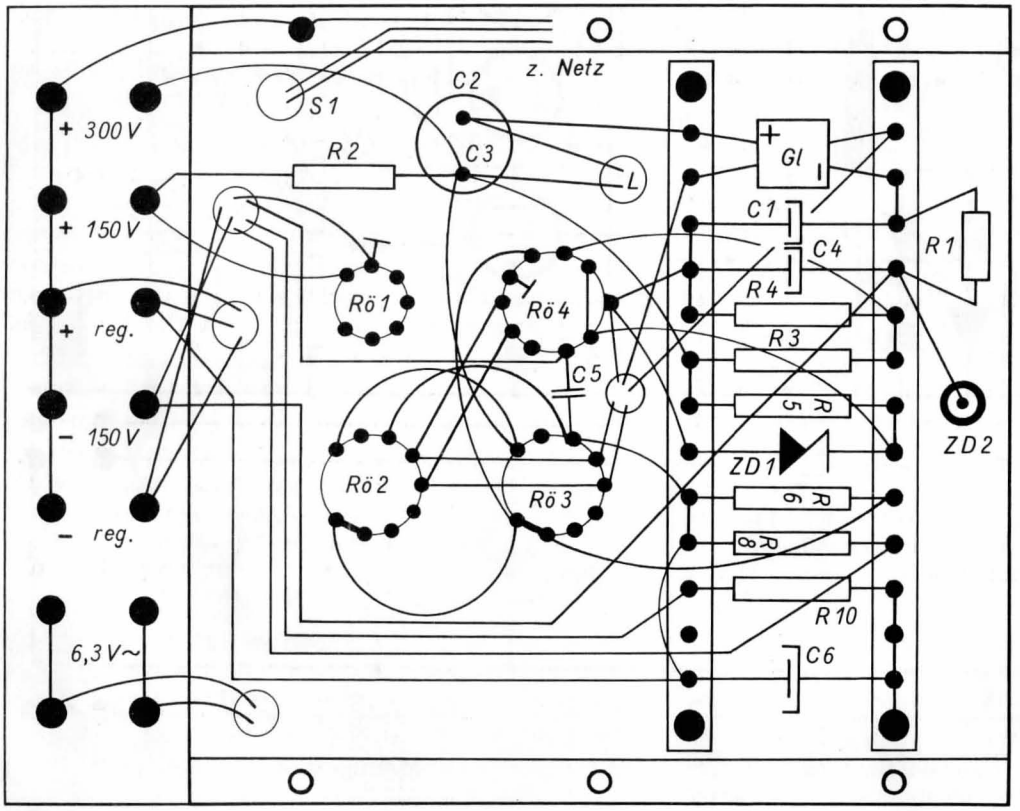
Transformatoren
Tr 1 Netztransformator (Werco)
W 1 = 220 V Netz
W 2 = 2 x 220 V/0,2 A
W 3 = 6,3 V/3 A
Tr 2 Heiztransformator
W 1 = 220 V Netz
W 2 = 6,3 V/1,6 A (LH 10, Werco)
Drossel
L Netzdrossel Kern M 65, voll CuL 0,3 mm ϕ
Gleichrichter
Gl B 500 C 400 (Werco)
Schalter
S 1 Kippschalter, 2polig
S 2 Kipp-Umschalter, 2polig
Lampe
La Einbau-Kontrollampe 10 V/0,2 A

Röhren
Rö 1 Stabilisator OA 2 (Neye, Quickborn)
Rö 2 ED 8000 (Telefunken)
Rö 3 ED 8000 (Telefunken)
Rö 4 EF 80
Dioden
ZD 1 Zenerdiode ZX 39 (ITT Intermetall)
ZD 2 Zenerdiode ZX 150 (ITT Intermetall)
Meßinstrument
M Drehspul-Voltmeter 300 V (Modell 75, Werco)

Widerstände
R 1 22 kOhm/1 W
R 2 5 kOhm/6 W
R 3 820 kOhm/1 W
R 4 470 kOhm/1 W
R 5 220 kOhm/1 W
R 6 220 kOhm/1 W
R 7 100 kOhm/1 W Potentiometer lin.
R 8 130 kOhm/0,5 W
R 9 50 kOhm Potentiometer lin.
R 10 15 kOhm/1 W
Kondensatoren
C 1 Rollelko 8 µF/385 V (Werco)
C 2/C 3 Elko mit Zentralbefestigung
100 + 100 µF/385 V (Werco)
C 4 Rollelko 8 µF/385 V (Werco)
C 5 33 nF/1000 V (Eroid)
C 6 32 µF/385 V (Werco)



Schaltung des elektronisch stabilisierten Röhren-Netzgerätes.



Verdrahtungsplan des elektronisch stabilisierten Röhren-Netzgerätes (Schaltung 9).

Die Regelung der Anodenspannung

Zum besseren Verstehen des Regelvorganges erscheint es angebracht, daß wir die Schaltung stückweise betrachten.

Zunächst steht am Siebkondensator die zu regelnde Ausgangsspannung von 270—300 V zur Verfügung. Am Verbraucher (+ reg.) dagegen werden bei bestimmtem Strom beispielsweise 200 V gefordert. Folglich ist die Spannungsdifferenz von 70—100 V an einem Vorwiderstand zu vernichten. Der Vorwiderstand könnte ein Drehwiderstand sein, der entsprechend eingestellt wird. Bei jeder Laständerung wäre aber ein erneutes Einstellen nicht zu vermeiden, damit wir wieder auf die gewünschten 200 V kommen. Die Funktion des gedachten Regelwiderstandes übernehmen in unserer Schaltung die beiden Röhren Rö 2 und Rö 3. Ihr Innenwiderstand wird von der Spannungsdifferenz zwischen Gitter und Katode bestimmt. Da die Katodenspannung (Ausgangsspannung) stabil gehalten werden soll, ist eine Innenwiderstandsregelung nur über das Steuergitter möglich. Wir müssen also erreichen, daß das Steuergitter gegenüber der Katode negativ wird, wenn die Ausgangsspannung ansteigt, oder umgekehrt. Um diesen Regelvorgang elektronisch zu verwirklichen, ist die Differenz zwischen geforderter und tatsächlicher Ausgangsspannung wiederum elektronisch zu erfassen. Hierfür bedient man sich einer Vergleichsspannung, die in der Schaltung mit ZD 1 gewonnen wird und +39 V beträgt. Der Spannungsvergleich zwischen der Ausgangsspannung und der Zenerspannung (39 V) kommt wie folgt zustande: Am Schleifer von R 9, mit dem die Regelung geschieht, liegt aufgrund der vorhandenen Ausgangsspannung eine Teilspannung derselben. Sie soll beispielsweise +20 V betragen. Die Katode von Rö 4 ist demnach um 19 V positiver als das Steuergitter; das ist gleichbedeutend mit einer negativen Gitterspannung von —19 V. Rö 4 ist deshalb restlos gesperrt. In ihr fließt weder ein Anoden- noch ein Schirmgitterstrom, so daß an dem Anodenwiderstand R 6 kein Spannungsabfall auftritt. Die Gitter von Rö 2/ Rö 3 weisen unter diesen Voraussetzungen Katodenpotential auf, der Innenwiderstand sinkt und die Ausgangsspannung steigt nun solange an, bis die Schleiferspannung an R 9 in den Bereich kommt, in dem die Röhre Rö 4 zu leiten beginnt. Die ursprünglich hohe Anodenspannung (an R 6) bricht zusammen und die Gitterspannung verschiebt sich in den negativen Bereich. Dies führt zu einem höheren Innenwiderstand der Längsröhre; ein weiteres Ansteigen der Ausgangsspannung ist daher nicht möglich. Bei welcher Ausgangsspannung die Regelung der Röhre Rö 4 einsetzt, hängt allein von der Schleiferstellung R 9 ab. Nach oben gedreht, beginnt die Regelung bei kleiner, nach unten gedreht bei hoher Ausgangsspannung.

Die hohe Spannungsverstärkung der Nachregelröhre

bewirkt bereits ein Nachregeln bei kleinen Spannungsdifferenzen. Um ein Höchstmaß an Verstärkung zu erhalten, wird das Schirmgitter mit einer aus dem Spannungsteiler R 3/R 4 gewonnenen Festspannung betrieben.

Die kleinstmögliche Ausgangsspannung ist von vornherein durch die Vergleichsspannung festgelegt. Die Anodenspannung von Rö 4 kann nämlich nicht unter +40 V absinken. Rö 2/Rö 3 geben hierbei noch rund 120 V ab.

Zur Restbrummunterdrückung ist der Ausgang über C 5 direkt mit der Regelröhre verbunden. Das in Rö 4 verstärkte Signal steuert nun gegenphasig die Längsröhre.

Mit Meßinstrumenten M (300 V=) kann die einmal eingestellte Ausgangsspannung überwacht werden. S 2 schaltet erstens von der Gitterspannung auf die Anodenspannung und zweitens die Polarität des Meßgerätes um.

Regelbares, elektronisch stabilisiertes Netzgerät von 0 bis 250 V

Technische Daten

Ausgangsspannung:	0—250 V, stufenlos regelbar
Ausgangsstrom:	60—100 mA, je nach Spannung
Brummspannung:	3 mV bei Vollast

Anwendungsbereich

Die ständig fortschreitende Halbleiterentwicklung bringt fast täglich neue Typen hervor. Noch bis vor kurzem betrieb man Transistoren hauptsächlich mit niedrigen Spannungen, wie sie beispielsweise Batterien liefern. Die Technik hat sich jedoch gewandelt. Wo früher in netzbetriebenen Heimempfängern Röhren steckten, sieht man heute überwiegend Transistoren. Ihre Betriebsspannung liegt keineswegs mehr bei 6 oder 9 V, sondern, um große Leistung mit geringen Mitteln zu erreichen, etwa zwischen 12 und 60 V. Noch krassere Verhältnisse treffen wir in transistorisierten Fernsehgeräten an, die zum Teil schon mit 100- bis 300-V-Typen bestückt sind.

Der Einbruch dieser Hochvolttransistoren in Amateurkreise wird nicht aufzuhalten sein, und das ist gut so; schließlich bieten gerade Hochvolttransistoren das interessanteste Betätigungsfeld. Die Kombination Röhre/Transistor wird dadurch wieder aktuell. Es sind nicht die landläufigen Radioröhren gemeint, sondern vielmehr Elektronik-Spezialröhren wie Nuvistoren, Schalt-, Ziffernanzeige- und Elektrometerröhren.

Jeder Versuch auf diesem Wege setzt das Vorhandensein eines universellen Netzgerätes voraus. Es muß alle gewünschten Spannungen liefern können, die für derartige Experimente erforderlich werden könnten. Sie sollen stabil bleiben und vor allem frei von Brummüberlagerungen sein. Das hier beschriebene Gerät erfüllt diese Anforderungen und liefert ausreichenden Strom für mittlere Schaltungen.

In dem Mustergerät ist das Chassis allgemeiner Nullpol. Normalerweise ist dies kein Nachteil, denn npn-Transistoren und Röhren benötigen ohnehin nur eine positive Versorgungsspannung. Alle Masseleitungen können selbstverständlich auch isoliert verlegt werden.

Stückliste zu Schaltung 10

1 Gehäuse, 180 mm breit
2 isolierte Buchsen (Werco)
4 Gummifüße (Werco)
2 Lötleisten, 13polig (Werco)
6 Gummidurchführungen (Werco)
1 Netzkabel, 3polig, mit Schukostecker
1 Zeigerdrehknopf
2 Novalfassungen
2 Miniaturfassungen

Kleinmaterial

Transformator
Tr Netztransformator (Werco)
W 1 = 220 V Netz
W 2 = 6,3 V/3 A
W 3 = 2 x 220 V/0,2 A

Drossel
L Netzdrossel 200 mA (ND 6, Werco) 13,-

Dioden
D 1 — D 3 Siliziumgleichricher E 250 C 500 (Werco)

Schalter
S Kippschalter, 2polig

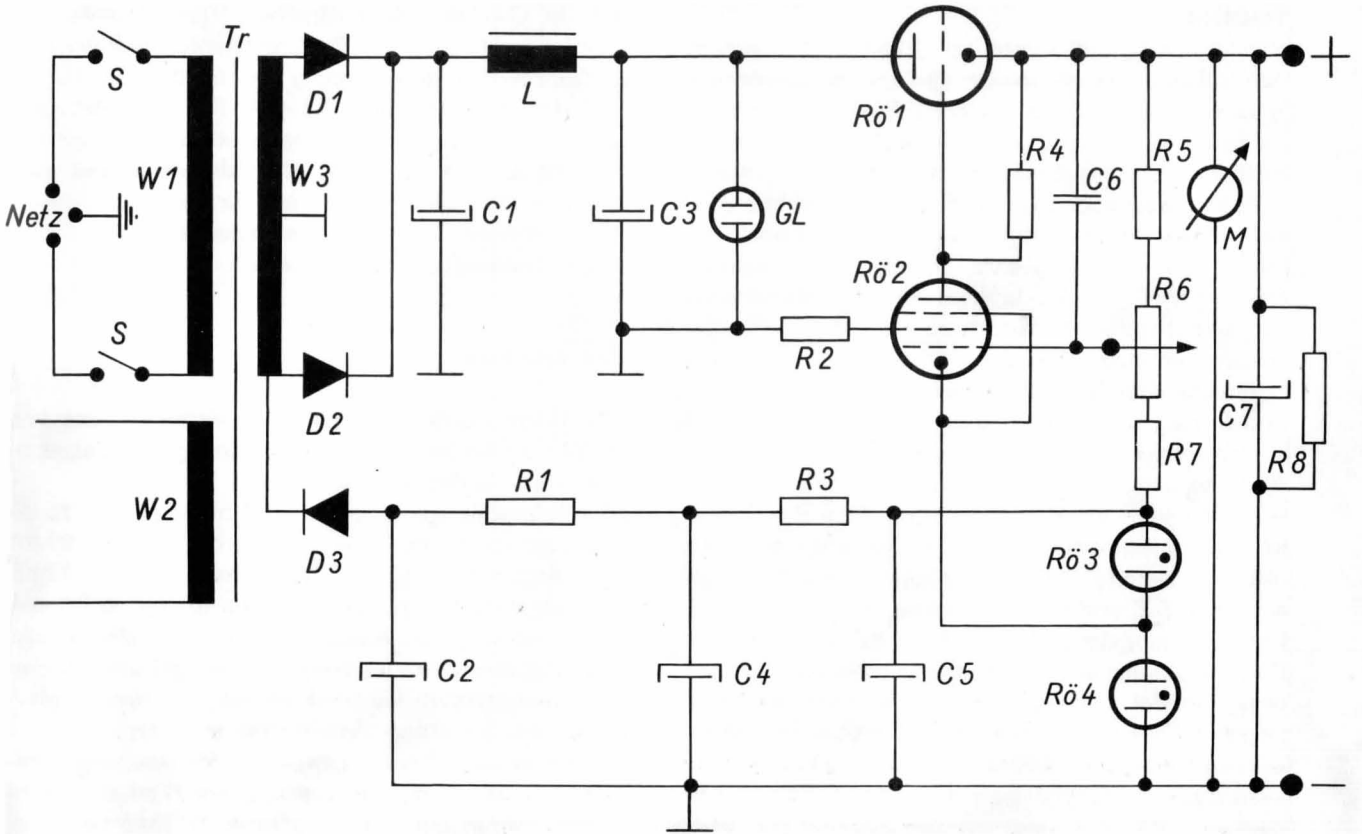
Lampe
GL Einbau-Kontrollampe mit Glimmlampe 220 V

Meßinstrument
M Drehspul-Voltmeter 300 V= (Modell 75, Werco)

Röhren
Rö 1 ED 8000 (Werco)
Rö 2 EF 80 (Werco) 2,50
Rö 3 85 A 2 (Werco)
Rö 4 OA 2 (Werco) 5,-

Widerstände
R 1 15 kOhm/1 W
R 2 22 kOhm/0,5 W
R 3 3,3 kOhm/1 W
R 4 150 kOhm/0,5 W
R 5 220 kOhm/1 W
R 6 100 kOhm/1 W Potentiometer lin.
R 7 47 kOhm/0,5 W
R 8 220 kOhm/1 W

Kondensatoren
C 1 Rollelko 100 µF/385 V (Werco)
C 2 Rollelko 16 µF/385 V (Werco)
C 3 Rollelko 100 µF/385 V (Werco)
C 4 Rollelko 8 µF/385 V (Werco)
C 5 Rollelko 100 µF/385 V (Werco)
C 6 2,2 µF/400 V (Eromet) (Werco)
C 7 Rollelko 8 µF/385 V (Werco)



Schaltung des Netzgerätes für Null bis 250 Volt.

Schaltung

Hier ist das Grundkonzept der Schaltung 9 übernommen worden. Wir verwenden den gleichen Netztransformator sowie eine Längsröhre derselben Type.

Die gestellte Aufgabe, nämlich eine Regelung von Null bis 250 V, erfordert einen schaltungstechnischen Kunstgriff. Wie aus Schaltung 9 bekannt ist, hat die minimale Ausgangsspannung etwa 120 V, obwohl das Steuergitter der Längsröhre um rund 80 V negativer als die Katode ist. Übertragen wir diese Verhältnisse auf die vorliegende Schaltung, so ergibt sich für die geforderte minimale Ausgangsspannung von Null eine Gitterspannung der Längsröhre von —80 V. Wir erreichen dies, indem die Katode (Rö 2) an einer stabilisierten **negativen** Spannung von —150 V liegt. Die Anodenspannung an R 4 kann sich daher zwischen —150 V und +250 V frei bewegen. Das Schirmgitter ist über R 2 mit Masse verbunden und erhält so gegenüber der Katode +150 V abzüglich des Spannungsabfalls an R 2, der aber nur wenige Volt ausmacht.

Der Spannungsteiler R 5/R 6/R 7 darf wegen der an Rö 2 vorgenommenen Potentialverschiebung nicht einseitig geerdet sein, sondern muß ebenfalls aus einer negativen Bezugsquelle gespeist werden. Theoretisch würden hierzu die —150 V an Rö 4 genügen, im Interesse einer besseren Regelwirkung der Schaltung nehmen wir —225 V, die sich aus dem Spannungsabfall an Rö 3 und Rö 4 zusammensetzen.

Für die Qualität beider negativen Vergleichsspannungen ist hinsichtlich der Restbrummunterdrückung eine außerordentlich gute Siebung unerläßlich. Dazu dienen C 2, R 1, C 4, R 3 und C 5. Die Restwelligkeit geht direkt mit in das Ausgangssignal ein, im vorliegenden Fall beträgt sie ca. 3 mV. Wem dieses bereits gute Ergebnis nicht genügt, der möge für die Gleichrichtung der negativen Spannung statt einer einzelnen Diode einen Zweiweggleichrichter wählen.

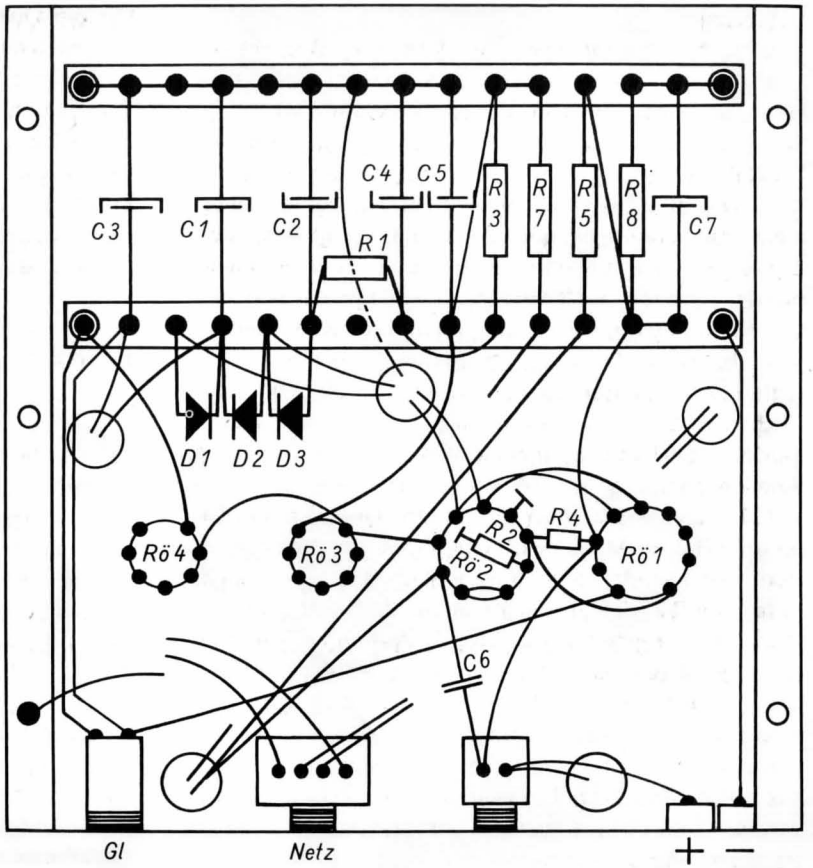
Die Belastung

Die Röhre ED 8000 ist mit einer Verlustleistung von 17 W nicht bei jeder Ausgangsspannung gleich stark zu belasten. Als Richtwert gilt:

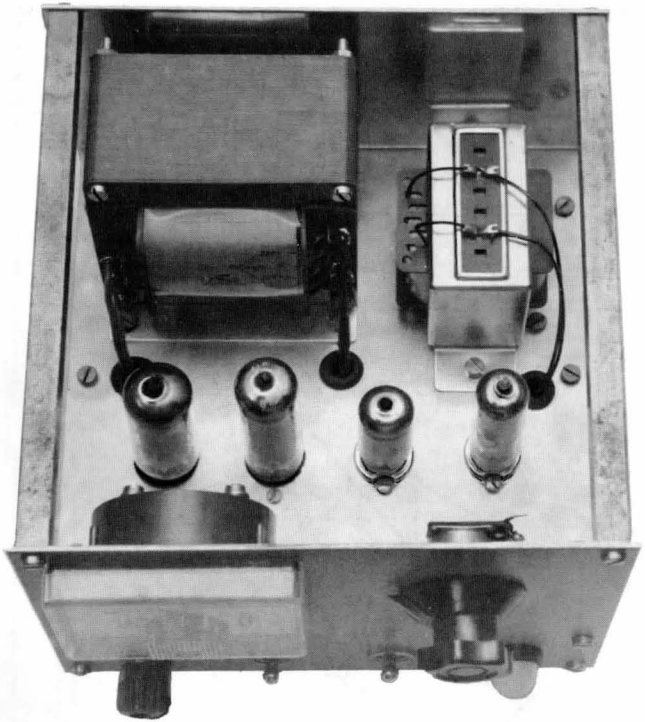
Ausgangsspannung 220—250 V, Strom maximal 70 mA
Ausgangsspannung 100—250 V, Strom maximal 100 mA
Ausgangsspannung 50 V, Strom maximal 80 mA
Ausgangsspannung 0— 40 V, Strom maximal 60 mA

Eine Erhöhung des Ausgangsstromes auf den jeweiligen doppelten Wert ist durch einfaches Parallelschalten von zwei gleichen Längsröhren möglich. Netztransformator und Schaltung bedürfen keiner Änderung.

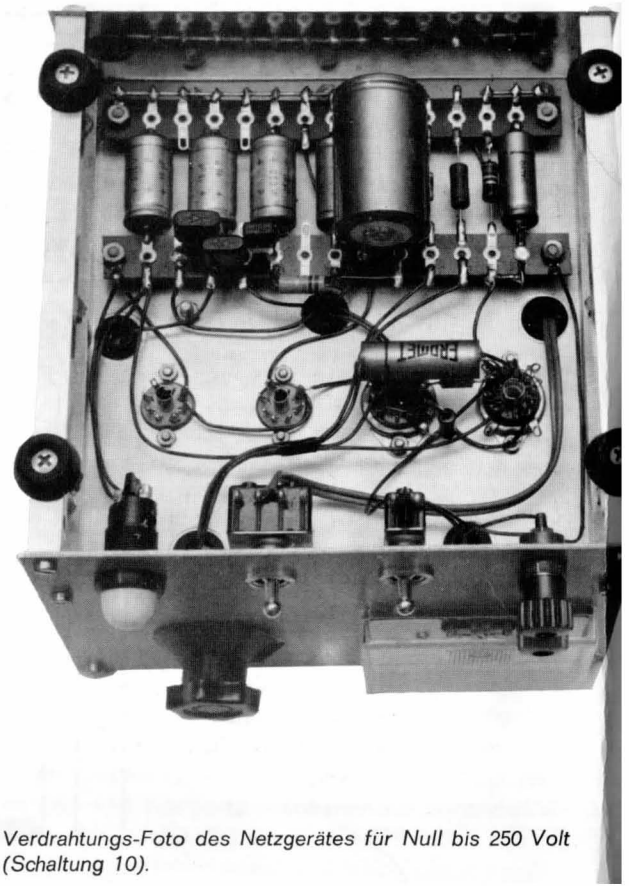
In dem fertigen Gerät ist zwischen den Ausgangsbuchsen und der Ausgangsspannung ein Kippschalter zu sehen, der in der Schaltung fehlt. Er kann nach Belieben laut Verdrahtungsplan mit eingebaut werden.



Verdrahtungsplan des Netzgerätes für bis 250 Volt (Schaltung 10).



Aufbaufoto des Netzgerätes für Null bis 250 Volt (Schaltung 10).



Verdrahtungs-Foto des Netzgerätes für Null bis 250 Volt (Schaltung 10).

Verlag Frech
7 Stuttgart 1

1 30 Transistor-Schaltungen
2 35 Transistor-Schaltungen
3 36 Transistor-Schaltungen
4 Meßgeräte mit Transistoren
5 Transistoren — neu angewandt
6 37 Transistor-Schaltungen
7 Schaltungen mit Thyristoren
8 Fernsteuerschaltungen
9 NF-Verstärker
10 38 Transistor-Schaltungen
11 Kleines Praktikum der Antennenverstärker
12 Schaltungen mit Fotowiderständen
13 Schaltungen mit Fotozellen
14 Schaltungen mit Fotohalbleitern
15 Schaltungen der Digital-Elektronik
16 Sonderschaltungen der NF-Technik I
17 Sonderschaltungen der NF-Technik II
18 Schaltungen mit dem Thyratron PL 21

Jeder Band ca. 80 Seiten, 30 Zeichnungen — Wir schicken Ihnen gerne kostenlos ein Verzeichnis aller in dieser Reihe veröffentlichten Schaltungen

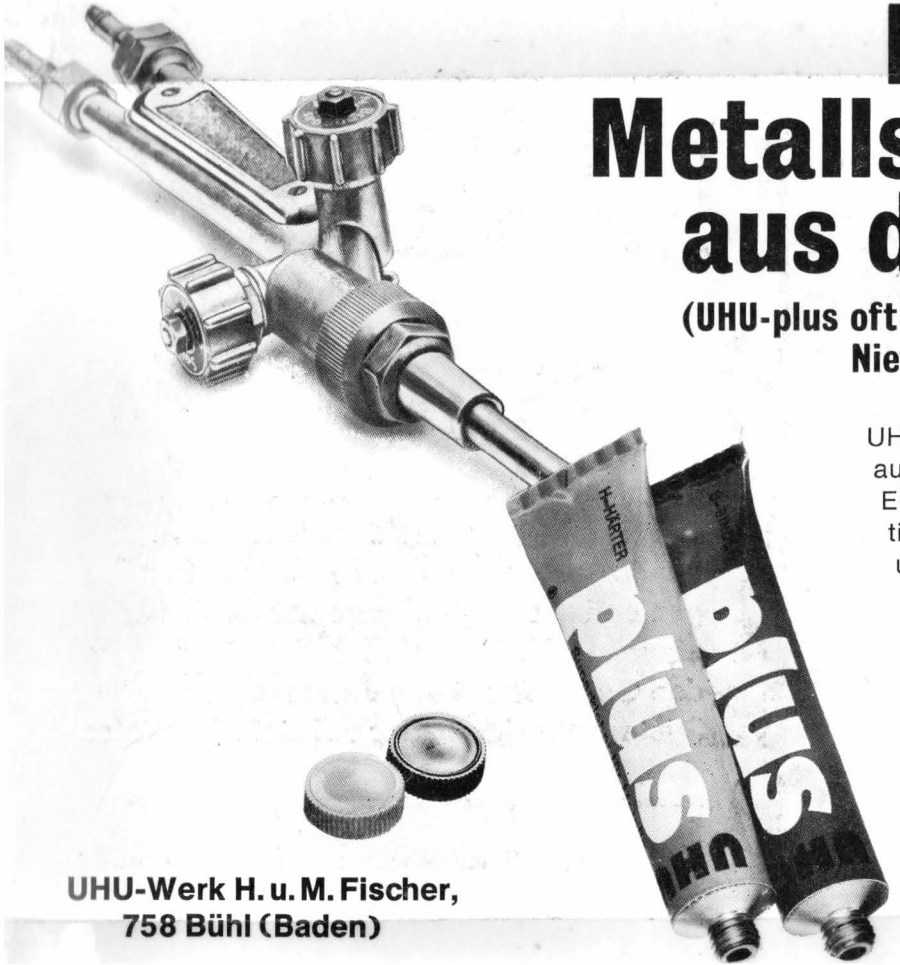
19 Schalten und Verstärken mit Transistoren
20 Messungen an Halbleitern
21 Auto-Elektrik
22 Relaisschaltungen
23 Experimente mit integrierten Schaltungen
24 Netzgeräte-Berechnungen
25 Neue Halbleiter
26 Moderne Bauelemente
27 Transistor-Tasten
28 Minispione
29 Stabilisierungsschaltungen
30 Integrierte Schaltungen
31 Impulsschaltungen
32 Dioden und Gleichrichter
33 Schwingkreistabellen
34 Oszillografie
35 Stereo
36 Elektroakustik
37 Warngeräte
38 Tunneldioden
39 Netzgeräte-Baubuch
40 Elektronik-Bauelemente 1
41 Elektronik-Bauelemente 2
42 Elektronik-Bauelemente 3
43 Elektronik-Bauelemente 4

TOPP »Elektronik«

Dies ist ein Buch für Beruf und Freizeit: es bietet dem Nachwuchs und dem Amateur das Rüstzeug zum Verständnis elektronischer Vorgänge und zum Aufbau von Schaltungen. Der Stoff ist von allem Ballast frei — klar und lebendig dargeboten. Der Leser gewinnt so ganz nebenbei ein solides Wissen um die Grundlagen der Elektronik
Verlag Frech
Stuttgart-Botnang
80 Seiten
61 Zeichnungen
DM 6,—
Bergtold
Elektronik-
Bauelemente

Der Metallschweißer aus der Tube

(UHU-plus oft besser als Löten, Nieten, Schrauben, Schweißen!)



UHU-plus klebt nicht nur Stahl auf Stahl oder Aluminium auf Eisen. Es „verschweißt" praktisch alles unlösbar mit- und untereinander. Von Buntmetallen bis zu gehärteten Kunststoffen. Von Bakelit bis zu Porzellan. Die Festigkeit der Klebung beträgt max. 300 kg pro cm^2. Ein Plus um die verschiedensten Werkstoffe bombenfest zu verbinden.

UHU-Werk H. u. M. Fischer,
758 Bühl (Baden)

UHU plus®

TOPP

Baubücher
bringen außer
den Schaltbildern
Verdrahtungspläne
und Anleitungen
für den Aufbau
einsatzbereiter
Geräte

BAUBUCH

Für den Praktiker, mit den Grundlagen der Radiotechnik und der Elektronik vertraut, ist dieses Baubuch ein zuverlässiger Ratgeber beim Aufbau von Netzgeräten für alle Bereiche der Elektronik. Neben den interessanten und neuartigen Schaltungen selbst wird die Frage der Kühlung eingehend behandelt. Für das Chassis und das Gehäuse hat der Verfasser ein System entwickelt, das auf einfache Weise Ordnung in das leidige Durcheinander von Größen und Formen bringt.